

DOBLE GRADO EN INGENIERÍA INFORMÁTICA
Y ADMINISTRACIÓN DE EMPRESAS
2018 – 2019

TRABAJO DE FIN DE GRADO

Aviniendo diseño y realidad virtual: Bóveda

Nicolás Salomone Pérez

TUTOR/ES

Dr. Eduardo Herranz Sánchez

Dr. Covadonga Gijón

JULIO 2019, COLMENAREJO



Esta obra se encuentra sujeta a la licencia Creative Commons.
Reconocimiento – No Comercial – Sin Obra Derivada.

Resumen

Existen dos problemas en el actual diseño en realidad virtual. En primer lugar, no hay herramientas para gafas orientadas al consumidor medio que permitan generar un prototipo de forma sencilla que a nivel de fidelidad esté a la altura de los prototipos de las otras áreas tecnológicas, o que ofrezca un mínimo de funcionalidades como para poder utilizarlo de forma profesional. En segundo lugar, para prototipar correctamente una experiencia o aplicación en realidad virtual, es necesario hacerlo dentro de la realidad virtual, porque es donde se va a ver el contenido, y no a través de una pantalla plana como permiten las herramientas actuales.

El presente trabajo tiene el objetivo de presentar una herramienta de prototipado en realidad virtual que solucione los dos problemas mencionados, conseguir desarrollar una primera versión de la aplicación dentro del alcance que permita este proyecto y realizar un plan de negocio que permita sacar rentabilidad a la aplicación y valorar su viabilidad, creando una empresa dedicada a esta aplicación.

For an English abstract, please see Abstract chapter.

Palabras clave: realidad virtual, diseño, VR, interacción, prototipo, Unity, negocio.

Mamá, papá,

os voy a contar por qué estoy orgulloso de terminar.

Eduardo, mi tutor, no solo confió en mí para este trabajo, sino que ha sido de las pocas personas que me han animado a dedicarme a lo que me gusta.

Si hoy disfruto de mi trabajo es gracias a él, y llevaré sus palabras marcadas para toda la vida. Creo que nunca se lo voy a poder agradecer lo suficiente.

Covadonga, mi tutora, es de las personas más interesantes que he conocido en la universidad, independientemente de que me esté enseñando o me esté contando cómo ha sido su día. No pensé en otra persona que no fuera ella para ser mi tutora.

Ojalá pudiera disfrutar algún día con lo que hago como ella.

Mis compañeros de trabajo se han preocupado constantemente, me han animado para que pudiera sacar esto adelante y me han ayudado en todo lo posible.

Si este trabajo trata de lo que trata es gracias a la oportunidad que me dieron de poder trabajar con ellos. Aquí un becario agradecido.

Mis amigos me han tenido que soportar cansado y ausente por un año, y aún así siguen ahí. Espero que las oportunidades que he desaprovechado con ellos por hacer este proyecto aún sigan en pie.

A **María, Luis, Dani y Freddy** ya los conocéis, literalmente son lo mejor que me ha pasado en esta universidad.

Irene ha sido mi gran pilar y mi mayor vía de escape. Desde fuera parecerá que nuestra vida los fines de semana no era nada envidiable, pero ya le gustaría al resto tener la relación que tenemos. Soy muy afortunado de tenerla.

Si estoy orgulloso es porque más allá de terminar todo, sé que puedo contar con todas estas personas.

Mamá, papá,

ojalá pudierais estar igual de orgullosos de mí lo que yo estoy de vosotros dos.

Índice del contenido

1. INTRODUCCIÓN	1
2. ESTRUCTURA DEL DOCUMENTO	1
3. ESTADO DEL ARTE	3
3.1. Análisis de herramientas del mercado.....	5
4. MOTIVACIÓN Y OBJETIVOS	22
5. METODOLOGÍA: DESIGN THINKING	23
6. EXPOSICIÓN DEL PROBLEMA	26
6.1. Definición de personas.....	26
6.2. Propuesta de valor	29
7. DEFINICIÓN E IDEACIÓN DE SOLUCIONES	37
8. PROTOTIPADO DE LA SOLUCIÓN.....	45
8.1. Alcance del prototipo.....	46
8.2. Arquitectura de información	53
8.3. Diseño de interacción	57
8.4. Diseño visual.....	76
8.5. Diseño de escena e iluminación	82
9. IMPLEMENTACIÓN	85
9.1. Tiempo de desarrollo.....	86
9.2. Unity	87
9.3. Desarrollo de funcionalidades.....	89
9.4. Desarrollo de la escena e iluminación	116
10. PRUEBAS DE USUARIO.....	118
10.1. Criterios de evaluación.....	118
10.2. Preparación de las pruebas	120
10.3. Realización de las sesiones	121
10.4. Guion de la sesión	122
10.5. Resultados de las pruebas.....	126
11. ANÁLISIS CONTEXTUAL	131
11.1. Entorno socioeconómico.....	131
11.2. Entorno macroeconómico.....	132

11.3.Ciclo de vida del sector	138
11.4.Entorno microeconómico.....	139
11.5.Análisis DAFO	142
12. ESTRATEGIA.....	146
12.1.Misión, visión y valores	146
12.2.Forma jurídica	146
12.3.Estrategia competitiva.....	149
12.4.Estrategia corporativa	151
13. MARCO REGULADOR	153
13.1.Propiedad intelectual	153
13.2.EULA y política de privacidad.....	155
13.3.Sistema PEGI	156
14. MARKETING	156
14.1.Plan de marketing.....	156
14.2.Marca	160
14.3.Producto	161
14.4.Precio.....	162
14.5.Distribución	165
14.6.Comunicación.....	166
15. RECURSOS HUMANOS	167
15.1.Planificación de puestos	167
15.2.Evaluación y retribución	169
15.3.Equipos virtuales	170
16. FINANZAS	178
16.1.Fuente de inversión: el <i>bootstrapping</i>	178
16.2.Modelo de estimación	180
16.3.Escenario realista.....	186
16.4.Escenario optimista	199
16.5.Escenario pesimista.....	199
17. CONCLUSIONES	206
18. TRABAJOS FUTUROS	207
ABSTRACT	208
REFERENCIAS.....	218

Índice de tablas

Tabla 1. Valoración de criterios de Sketchbox.....	11
Tabla 2. Valoración de criterios de Storyboard VR.	14
Tabla 3. Valoración de criterios de Moment.	17
Tabla 4. Valoración de criterios de Tvorí.....	20
Tabla 5. Resumen de los resultados del análisis de las herramientas del mercado.....	21
Tabla 6. Persona Carlota	27
Tabla 7. Persona Marcos.	28
Tabla 8. Trabajos del cliente en la propuesta de valor.	31
Tabla 9. Frustraciones del cliente en la propuesta de valor.	32
Tabla 10. Alegrías del cliente en la propuesta de valor.	33
Tabla 11. Aliviadores de frustraciones del cliente en la propuesta de valor.	34
Tabla 12. Creadores de alegrías del cliente en la propuesta de valor.	35
Tabla 13. Resumen de funcionalidades ideadas.	44
Tabla 14. Valoración de prioridad de las funcionalidades propuestas.....	49
Tabla 15. Resumen de funcionalidades y alcance del prototipo.....	52
Tabla 16. Asignación de entradas para el uso de la aplicación.....	64
Tabla 17. Listado de usuarios participantes de las pruebas.....	122
Tabla 18. Recopilación de problemas observados en las pruebas de usuario y posibles soluciones.	128
Tabla 19. Resumen del análisis DAFO de la empresa.....	145
Tabla 20. Misión, visión y valores de Bóveda.....	146
Tabla 21. Costes de constitución de la sociedad.....	149
Tabla 22. Segmentos de empresas a los que se debe dirigir Bóveda.	158
Tabla 23. Listado de funcionalidades de la versión gratuita y de pago.....	164
Tabla 24. Precios de suscripción.	183
Tabla 25. Estimación de instalaciones por países en un escenario realista en los próximos tres años.....	188
Tabla 26. Previsión de ingresos, capital y acciones en un escenario realista los próximos tres años.....	189
Tabla 27. Gastos estimados por mes.	190
Tabla 28. Cálculo del porcentaje de cotización total a cargo de la empresa.	193
Tabla 29. Salarios de cada perfil de empleado, con costes y capital mínimo necesario.	193
Tabla 30. Cuenta de pérdidas y ganancias estimada por año.	195
Tabla 31. Flujos de caja estimados por año.....	196

Tabla 32. Punto muerto estimado por años.	198
Tabla 33. Cálculo del valor actual neto del proyecto.....	198
Tabla 34. Comparación de parámetros del modelo de estimación para un escenario realista y pesimista.	200
Tabla 35. Estimación de inst. por países en un escenario pesimista y realista en los próximos tres años.....	201
Tabla 36. Comparación de salarios del escenario pesimista con el optimista.	202
Tabla 37. Previsión de ingresos, capital y acciones en un escenario pesimista los próximos tres años.....	203

Índice de figuras

Figura 1. Imagotipo de Sketchbox	8
Figura 2. Edición colaborativa en tiempo real.....	9
Figura 3. Menú de opciones de la aplicación y selección	10
Figura 4. Logotipo de Storyboard VR.....	11
Figura 5. Menú de opciones de Storyboard VR y selección	13
Figura 6. Imagotipo de Moment.	14
Figura 7. Modo realidad aumentada en Moment	15
Figura 8. Opciones en una mano y selección en otra con los dedos.....	16
Figura 9. Logotipo de Tvorí.....	17
Figura 10. Elementos de la interfaz de Tvorí	19
Figura 11. Diagrama de iteraciones de la metodología Design Thinking.....	24
Figura 12. Metodología <i>Design Thinking</i> : Empatizar.	26
Figura 13. Lienzo de la propuesta de valor.....	30
Figura 14. Metodología <i>Design Thinking</i> : Definir e Idear	37
Figura 15. Ejemplo de imagen con proyección equirectangular aplicada	39
Figura 16. Diagrama de zonas ergonómicas para experiencias en realidad virtual	41
Figura 17. Metodología <i>Design Thinking</i> : Prototipar	45
Figura 18. Arquitectura del menú principal	55
Figura 19. Arquitectura de las opciones de un elemento	56
Figura 20. Flujo de adición de un óvalo en Sketch.....	58
Figura 21. Menú de selección de reacciones de Facebook 360 con mirada	59
Figura 22. Menú de selección de colores con un Surface Dial	59
Figura 23. Entradas del mando de Oculus Go.....	63
Figura 24. Flujo de navegación con menús radiales.....	66

Figura 25. Conflicto de movimiento vertical.....	68
Figura 26. Conflicto de movimiento horizontal.....	68
Figura 27. Solución al conflicto de movimiento vertical.....	69
Figura 28. Solución al conflicto de movimiento horizontal.....	69
Figura 29. Tiradores de escalado, movimiento y rotación en el editor de Unity.....	70
Figura 30. Esquema de transformación de un objeto.....	71
Figura 31. Esquema de selección de color	72
Figura 32. Esquema del explorador de modelos de Google Poly	73
Figura 33. Esquema del explorador de imágenes 360°	74
Figura 34. Esquema de etiqueta encima de un objeto.....	75
Figura 35. Tamaños de texto y zonas pulsables recomendados por Google.....	77
Figura 36. Guías de ergonomía de Google para interfaces en realidad virtual	77
Figura 37. Colores primarios y secundarios del sistema de diseño	78
Figura 38. Escala de grises del sistema de diseño	78
Figura 39. Colores gradientes del sistema de diseño	79
Figura 40. Tipografía del sistema de diseño	80
Figura 41. Cuadrícula de iconos del sistema de diseño	81
Figura 42. Iconos diseñados para el sistema de diseño	81
Figura 43. Ejemplos de componentes diseñados con el sistema de diseño.....	82
Figura 44. Problema de iluminación con luz solar	83
Figura 45. Diseño de iluminación y escena.....	85
Figura 46. Metodología <i>Design Thinking</i> : Implementar	85
Figura 47. Contribuciones al proyecto, desde el 14 de octubre de 2018 al 3 de abril de 2019	86
Figura 48. Editor de la plataforma de desarrollo de Unity.....	87
Figura 49. Captura a tiempo real del menú radial	91
Figura 50. Captura en tiempo real del botón “Atrás”	92
Figura 51. Captura en tiempo real de la inserción de un modelo de un banco en la escena	93
Figura 52. Captura en tiempo real del movimiento frontal de un modelo	95
Figura 53. Captura en tiempo real de un modelo seleccionado.....	96
Figura 54. Comparación de tamaños frontales entre objetos padre e hijo	97
Figura 55. Captura en tiempo real de la transformación de un modelo.....	98
Figura 56. Comparación de rotaciones en Unity	99
Figura 57. Captura en tiempo real de una rotación de un modelo en el eje “Z”	100
Figura 58. Captura en tiempo real del aumento de tamaño del manejador al posarse el puntero encima	101
Figura 59. Captura en tiempo real del escalado de una esfera hacia la derecha	102

Figura 60. Problema con la dirección de los manejadores.....	103
Figura 61. Escalado ideal de un objeto rotado	104
Figura 62. Captura en tiempo real del cambio de color de una forma.....	105
Figura 63. Captura en tiempo real del explorador de modelos.....	107
Figura 64. Captura en tiempo real del explorador de imágenes.....	109
Figura 65. Captura en tiempo real del explorador de entornos con el monasterio aplicado	110
Figura 66. Captura en tiempo real de la escritura por teclado.....	112
Figura 67. Captura en tiempo real de la escritura por voz, con la grabación activada	113
Figura 68. Captura en tiempo real del cambio de tamaño de la fuente de un texto	114
Figura 69. Captura en tiempo real de una etiqueta encima de un modelo	115
Figura 70. Implementación del suelo de la escena	117
Figura 71. Implementación de la iluminación difusa con <i>Light Probes</i>	117
Figura 72. Metodología <i>Design Thinking</i> : Probar	118
Figura 73. Pirámide de necesidades de la realidad virtual.....	119
Figura 74. Usuarios durante las pruebas de la aplicación.....	121
Figura 75. Necesidades de la realidad virtual puntuadas por los usuarios de la prueba	130
Figura 76. Importe del certificado negativo de denominación social.....	149
Figura 77. Imagotipo de Bóveda.....	160
Figura 78. Precio de ordenador MSI.....	192

Índice de gráficas

Gráfica 1. Ingresos mundiales por software y hardware de realidad extendida en millones de dólares	134
Gráfica 2. Ventas totales de dispositivos de plataformas 3DOF de Oculus (en miles) ..	135
Gráfica 3. Ventas anuales de dispositivos de realidad virtual estimadas para 2019....	136
Gráfica 4. Ingresos de realidad virtual estimados en millones de dólares.....	139
Gráfica 5. Comparación de los valores reales del IPC con los valores estimados	185
Gráfica 6. Flujo de caja estimado por cuatrimestres	197

“Avenir

1. *Concordar, ajustar las partes discordes.*
5. *Componerse o entenderse bien con alguien o algo.*
8. *Dicho de dos o más cosas: Hallarse en armonía o conformidad”. (RAE, 2001).*

1. Introducción

Aviniendo diseño y realidad virtual: Bóveda cuenta la creación del medio que puede reconciliar a estas dos partes que no consiguen estar en armonía en la actualidad, debido a que las barreras de entrada a la creación que tiene la realidad virtual son un impedimento para que las personas más creativas puedan crear aquello que tienen en mente. El enfoque que se dará a este trabajo será especialmente profesional. Los diseñadores de experiencias y aplicaciones en realidad virtual se ven obstaculizados ante las dificultades que tiene el diseño en esta tecnología, ya que para poder realizarla, o bien se desembolsa una gran cantidad de dinero en conseguir dispositivos adecuados para hacerlo de la mejor forma, o bien se dedica tiempo y esfuerzo a aprender a desarrollar estas aplicaciones, que en muchas ocasiones no se resume en el conocimiento de las propias tecnologías sino en el aprendizaje de programación básica.

Bóveda nace como un instrumento que pretende facilitar la reconciliación de estas dos partes enfrentadas, con el objetivo final de poder mejorar el conocimiento del sector que con los pocos años de vida que lleva en el mercado de masas aún tiene grandes cosas por definir.

En este trabajo se desarrollará el proceso de creación de una herramienta de prototipado en realidad virtual desde el principio, es decir, desde la propia detección de la necesidad por los diseñadores, pasando por el proceso de diseño e implementación de la herramienta, hasta la creación de una empresa sin disponer apenas de recursos económicos, en la que el desarrollo de su producto se realiza como un proyecto paralelo al trabajo estable que el socio mantiene en otra empresa y cuyos empleados trabajarán de forma remota. Bóveda será la empresa encargada de desempeñar la misión de conseguir que todos puedan ver y compartir aquello que tengan en mente.

2. Estructura del documento

En cuanto al contenido general, este trabajo se estructura en dos partes, una dedicada al diseño e implementación de la aplicación a desarrollar y otra dedicada al estudio del sector y la creación de la empresa. El documento se divide en apartados que serán referenciados de forma numérica a lo largo del documento. Los apartados y su contenido se resumen a continuación:

- *3. Estado del arte.*
Una puesta en contexto en cuanto al sector de la realidad virtual y un análisis de aquellos productos existentes en el mercado, con el objetivo de tener una visión general para poder tomar mejores decisiones a lo largo del desarrollo del producto.
- *4. Motivación y objetivos.*
Desarrollo del surgimiento de la idea que da pie a este trabajo, junto con la definición de los objetivos que se esperan conseguir.
- *5. Metodología: Design Thinking.*
Explicación de la metodología a seguir en la creación de la aplicación a desarrollar, la cual estructura los apartados sucesivos.
- *6. Exposición del problema.*
Análisis de los clientes objetivo de este proyecto, cuyas conclusiones dan lugar a los problemas que tendrán que ser solucionados por la aplicación a desarrollar.
- *7. Definición e ideación de soluciones.*
Explicación de las funcionalidades que pueden solucionar los problemas de los usuarios, que pueden o no ser incluidas en el producto final.
- *8. Prototipado de la solución.*
Definición del alcance del prototipo con las funcionalidades que van a desarrollarse, junto con el diseño de la arquitectura de la información, de interacción, visual y de escena e iluminación.
- *9. Implementación.*
Explicación del desarrollo del prototipo en gafas de realidad virtual, desarrollando cómo se han implementado las funcionalidades diseñadas en el apartado anterior y las complicaciones que han surgido, junto con las soluciones planteadas.
- *10. Pruebas de usuario.*
Definición de las pruebas que se han realizado a usuarios reales (incluido un vídeo ilustrativo) y el análisis de los resultados correspondientes, junto con propuestas de soluciones que tendrán que ser evaluadas en futuras revisiones del prototipo.
- *11. Análisis contextual.*
Desarrollo del análisis del entorno socioeconómico, macroeconómico y microeconómico del sector, junto con la identificación de fuerzas, debilidades, amenazas y oportunidades de la empresa a crear.
- *12. Estrategia.*
Definición de los pilares de la empresa en cuanto a su actividad, forma jurídica, constitución y acciones a futuro, tanto a nivel corporativo como a nivel competitivo.

- *13. Marco regulador.*
Identificación de las protecciones legales que la empresa a crear tiene que tener en cuenta para beneficiarse del uso de la aplicación por los usuarios, especialmente en propiedad industrial, licencias de uso, privacidad y limitaciones de edad.
- *14. Marketing.*
Desarrollo de la estrategia de mercado que acompaña a la estrategia de la empresa en un plan de *marketing*, con la explicación de las decisiones en precio, distribución, comunicación y producto.
- *15. Recursos humanos.*
Definición de las bases de la gestión de empleados que tendrá la empresa, tanto a nivel salarial como a condiciones de trabajo, identificando los puntos para tener en cuenta a la hora de formar equipos virtuales para la producción de la empresa.
- *16. Finanzas.*
Explicación de la forma de financiación elegida que tendrá un gran impacto en los resultados de la empresa, junto con la estimación de un modelo realista y pesimista que permita analizar la viabilidad de la empresa.
- *17. Conclusiones.*
Recopilación de los puntos principales del trabajo y de los resultados obtenidos.
- *18. Trabajos futuros.*
Enumeración de tareas pendientes que podrán realizarse en un futuro para continuar con el trabajo realizado en este proyecto.

3. Estado del arte

En los últimos años, el contenido que los usuarios consumen ha estado disponible en cada vez más paradigmas, siendo uno de ellos el que más potencial está teniendo en el mercado y más interés despierta en los consumidores: aquel que permite que los usuarios puedan vivir contenidos virtuales más allá del mundo real. Las distintas realidades que existen, aparte del mundo real, se agrupan bajo el término realidad extendida, ya que se consideran extensiones de la realidad. Bajo este paraguas estaría la realidad aumentada (*augmented reality*, AR), la realidad mixta (*mixed reality*, MR) y la realidad virtual (*virtual reality*, VR). La realidad aumentada permite ver elementos virtuales sobre la visión del mundo real, en vez de remplazar completamente la realidad. En el mercado actual, esta visión se realiza comúnmente a través de la pantalla de dispositivos móviles, mostrando contenido por encima de lo que la cámara captura. La realidad mixta, que es un tipo de realidad aumentada más realista, permite que los elementos virtuales que se muestran en el mundo real estén mucho mejor integrados en el escenario que rodea al usuario (se ocultan detrás de objetos, se asientan sobre superficies, cuelgan de ellas, etc.) en vez de simplemente mostrarse por encima de lo que el usuario ve. Esta realidad se consume actualmente mediante gafas que permiten

proyectar en la vista del usuario el contenido virtual, mientras el usuario puede ver de forma natural la realidad que le rodea.

La realidad virtual se define como un entorno digital generado por computadora que se puede experimentar e interactuar como si ese entorno fuera real (Jerald, 2016). Se suele referir con el término inmersivo al contenido que se puede consumir en realidad virtual porque el usuario está totalmente sumergido en la experiencia, ya que puede ver el entorno virtual de una forma tridimensional idéntico a como se vería en el mundo real, solo que nada del mundo real puede ser visto por el usuario: todo lo que puede ver es virtual. Esto permite que el usuario sienta que está presente en escenarios en los que no se encuentra, y pueda moverse por ellos como si verdaderamente estuviera allí, y es que este sentido de presencia es muy importante para que las experiencias sean lo más realistas posibles. No solo hay que cuidar el realismo del entorno, también hay que cuidar las interacciones del usuario con este, el sonido ambiente o la narrativa de la experiencia.

La realidad virtual se consume también a través de gafas, y a lo largo de los últimos años ha habido distintos fabricantes que han aumentado el abanico de dispositivos dedicados. Los dispositivos con más éxito en el mercado son los de la empresa Oculus (la cual posee actualmente Facebook), seguido de los dispositivos de HTC. En la primera expansión hacia el mercado del consumidor, estas gafas solamente permitían consumir contenido en 360° desde una posición totalmente estática, en la que el usuario no puede acercarse a lo que le rodea ni agacharse, solo puede rotar la cabeza, lo que técnicamente se denomina sistema de tres grados de libertad (*3 degrees of freedom*, 3DOF). Los dispositivos más vendidos actualmente tienen esta tecnología, y el precio reducido ha sido la principal razón de su éxito. Ejemplos de plataformas 3DOF son las Samsung Gear VR (Samsung, 2018), las Google Daydream (Google, 2018a) y las Oculus Go (Oculus, 2019a). Los dispositivos con mayor precio son aquellos que sí permiten moverse dentro de la experiencia, aumentando considerablemente su realismo, además de que utilizan un ordenador o una consola para generar mejores gráficos. Ejemplos de estos dispositivos son las Oculus Rift (Oculus, 2019c), las HTC Vive (HTC, 2019) o las PlayStation VR (PlayStation, 2019). La captura del movimiento se realiza mediante sensores que detectan la posición del usuario en todo momento, además de las rotaciones que realiza, lo que técnicamente se denomina sistema de seis grados de libertad (*6 degrees of freedom*, 6DOF). Actualmente la innovación en estas tecnologías ha acabado permitiendo prescindir de estos sensores para utilizar cámaras que permitan posicionar al usuario en la escena, como las recién lanzadas Oculus Quest (Oculus, 2019b).

En el mercado actual, la realidad virtual tiene mucha presencia en el mundo del entretenimiento, concretamente en videojuegos y películas inmersivas. Sin embargo, existen otras aplicaciones fuera del entretenimiento que han reportado grandes beneficios a empresas que han utilizado esta tecnología para reducir costes al evitar errores de diseño antes de fabricar cualquier cosa, reducir el tiempo de comercialización al acelerar los procesos iterativos, proporcionar entornos de aprendizaje seguros que de otro modo serían peligrosos, reducir trastornos de estrés postraumático al aumentar poco a poco la exposición a los estímulos que lo producen, y ayudar a visualizar

grandes conjuntos de datos que serían difíciles de comprender con los sistemas tradicionales (Jerald, 2016). Solamente la formación de empleados ya forma el 71% de la demanda de realidad virtual en las empresas (SuperData, 2019b).

Son muchos aspectos los que hay que tener en cuenta a la hora de diseñar contenidos para realidad virtual. El diseño de las experiencias y aplicaciones debe cuidarse lo máximo posible. Este sector no busca la cantidad sino la calidad, ya que los consumidores son muy selectivos con las experiencias que prueban y tienden a descartar con facilidad experiencias que no están bien desarrolladas, o incluso una mala experiencia puede hacer que no quieran volver a ponerse unas gafas de realidad virtual. Durante el desarrollo de cualquier producto actual, ya sea de realidad virtual o no, llega un momento en que las ideas necesitan traerse a la realidad, recopilándose los diseños y creándose un prototipo con el que ser capaz de ver más allá del diseño actual y probar si el producto se adapta a lo que el usuario necesita, además de ser usable. Un prototipo se define como una representación limitada de un diseño que permite al usuario interactuar con él y explorar si es adecuado (Preece, Rogers, y Sharp, 2011). Los prototipos son necesarios porque al materializar las ideas en algo tangible se entiende mejor el producto y se genera discusión, tanto para obtener comentarios buenos como malos, los cuales permiten afinar el diseño y elegir entre distintas alternativas. Además, posibilita experimentar de forma eficiente, ya sea por tiempo, por dinero o por esfuerzo.

Actualmente existen herramientas de prototipado para la mayoría de las áreas tecnológicas que existen en el mercado. Por ejemplo, en el caso de diseño digital, existen herramientas como Axure que permiten generar prototipos navegables e interactivos de las webs o las aplicaciones móviles que deseen diseñarse, o, en definitiva, cualquier dispositivo que disponga de una pantalla. En el caso de diseño industrial, la herramienta TinkerCAD permite prototipar diseños tridimensionales de forma rápida e imprimir los modelos en una impresora 3D. La característica común de estas herramientas es la facilidad con la que se puede generar una aproximación al producto real, sin necesidad de implementarlo realmente, ahorrando costes y tiempo a la hora de evaluar si un diseño es correcto o no, además de que la generación de estos prototipos puede realizarla una persona que no necesita conocer la tecnología en la que se basa la materialización del producto. Por ejemplo, un diseñador de aplicaciones puede prototipar una pantalla de una aplicación móvil sin tener conocimientos de programación de ningún tipo, y no por ello el prototipo será peor.

Dado el poco tiempo de vida de la realidad virtual, las herramientas de prototipado existentes son escasas y no disponen de la versatilidad que tienen las herramientas de otras ramas tecnológicas, tanto por tiempo de vida como por lo limitada que se encuentra la tecnología actualmente, herramientas cuyo análisis se muestra a continuación.

3.1. Análisis de herramientas del mercado

Con el objetivo de obtener una visión global del estado del arte y de los competidores, es conveniente realizar una investigación sobre los productos que existen en el

mercado. Esta técnica se conoce como *Benchmarking*, y según FUOC (2017b) “se realiza en las fases iniciales de un proyecto para conocer las características de los competidores de nuestro producto y/o para saber cómo otros productos – no necesariamente competidores – resuelven determinados problemas.”

Las conclusiones que se obtengan del análisis de esta investigación permitirán evaluar mejor las ideas que se tengan en mente e incluso servir de inspiración para funcionalidades futuras cuando el producto de este trabajo comience a diseñarse. También permite identificar puntos débiles en los que hacer foco para que el producto a desarrollar pueda diferenciarse de la competencia. Por último, permite adquirir conocimiento al ver formas distintas de solucionar los problemas planteados y patrones de diseño utilizados.

En este caso, los productos a analizar serán aquellos que permitan diseñar o prototipar para realidad virtual de forma inmersiva, es decir, que no se necesite ningún otro dispositivo salvo las gafas de realidad virtual para desempeñar su función. Las herramientas que se van a analizar no tienen por qué ser específicamente de diseño, bastará con que un usuario sea capaz de diseñar o prototipar con las funcionalidades que ofrece.

3.1.1. Criterios de análisis

Los productos se analizarán siguiendo unos criterios comunes a todos ellos, que permitirán evaluarlos posteriormente y establecer una comparativa final sobre la que poder sacar conclusiones que se puedan utilizar durante las fases de diseño posteriores.

Para evaluar la amplitud de las funcionalidades que ofrecen las herramientas y su versatilidad, se analizarán los dos siguientes criterios:

- *Funcionalidades básicas.*
Aquellas que se espera que tengan como mínimo para poder realizar funciones de diseño, aunque este sea a muy bajo nivel. Pueden incluirse en este criterio la inclusión de distintas formas 2D y 3D, imágenes, mover y escalar los objetos, etc.
- *Funcionalidades avanzadas.*
Aquellas que hagan a la herramienta diferencial frente al resto, y que tengan potencial de mejora del flujo de trabajo de un diseñador. Aquí se pueden incluir inclusión de modelos 3D, compatibilidad con otros programas o formatos de archivo, exportación de los recursos realizados, almacenamiento en la nube, etc.

También se analizará la disponibilidad de los productos en distintas plataformas para ver su cobertura en cuanto a usuarios finales y en cuanto a especificaciones mínimas para su ejecución, diferenciando dos categorías de productos según su grado de libertad de movimiento (*Degrees Of Freedom*, DOF).

- *Plataformas 3DOF.*
Estas plataformas se corresponden a aquellas que se consideran de bajo coste u orientadas al usuario medio, desde gratuitas, como las que utilizan tecnologías

web para ejecutarse en cualquier dispositivo, hasta las plataformas específicas de los fabricantes con gafas y mando incluido. Se denominan 3DOF porque su rango de movimiento se basa en tres ejes espaciales, lo que permite al usuario mirar a su alrededor, pero no moverse del sitio.

- *Plataformas 6DOF.*

Estas plataformas son las más caras del mercado actual, no solo por las gafas en sí, sino por el equipo necesario para poder ejecutar las aplicaciones, como un ordenador con una tarjeta gráfica potente. Si bien las mejores experiencias son con estas gafas, no están orientadas al consumidor medio por las limitaciones de precio y equipo mínimo. Se denominan 6DOF porque su rango de movimiento se basa en seis ejes espaciales, lo que permite al usuario moverse libremente por el espacio y mirar a su alrededor.

Por otra parte, se analizará la usabilidad de las aplicaciones. La usabilidad se define de forma estándar como “la medida en que un sistema, producto o servicio puede ser utilizado por usuarios específicos para lograr objetivos específicos con efectividad, eficiencia y satisfacción en un contexto de uso específico” (ISO, 2010). Mientras que la satisfacción puede analizarse desde el punto de vista del diseño visual de la aplicación, la eficiencia y la efectividad, son conceptos muy generales para poder definirlos de manera sencilla. Por este motivo se han dividido estos dos conceptos en tres conceptos más específicos: la simplicidad, la facilidad de uso y la facilidad de aprendizaje. Estos tres conceptos están ligados a la eficiencia y a la efectividad, y pueden verse reflejados en cuestionarios estándar de evaluación de la usabilidad como el *System Usability Scale* (Brooke, 1996).

- *Diseño visual.*

Este criterio tendrá en cuenta la atención a los detalles, los colores, la visibilidad de los elementos y textos, y los materiales y texturas utilizados. En definitiva, cualquier aspecto de los productos que muestre un cuidado por el diseño que pueda aumentar la satisfacción de los usuarios mientras utilizan la herramienta.

- *Simplicidad.*

Se valorará si la herramienta puede resultar compleja para los usuarios o no, teniendo en cuenta la cantidad de elementos en pantalla, opciones disponibles, interacción de estas, flujos de ejecución, etc.

- *Facilidad de uso.*

Se valorará la interacción de la herramienta para ver si resulta fácil de utilizar o no, como la asignación de botones, distribución de textos identificativos, tamaño de los elementos pulsables, dificultad de escaneo visual de los elementos en escena, etc.

- *Facilidad de aprendizaje.*

Este criterio tendrá en cuenta los apoyos que el usuario pueda recibir durante su uso para facilitar el aprendizaje de la herramienta, así como la complejidad de las interacciones y flujos.

La valoración de cada criterio se hará en base a su análisis y a su correspondencia con la definición de cada uno de ellos, estableciendo puntuaciones en tres niveles, en el caso de que los criterios sean aplicables. Dado que el análisis es subjetivo existirán sesgos en los resultados, pero el objetivo de este análisis es tener una visión general del estado de las aplicaciones de la competencia, como se explicó en el apartado 3.1.1, y no un análisis minucioso y totalmente fundamentado de sus características. Las valoraciones que se darán a cada criterio son las siguientes: cumple (☆☆☆), puede mejorar (☆☆), y no cumple (☆). Se han elegido tres niveles porque dos no aportan suficiente detalle, y, al ser un análisis cualitativo, más de tres niveles no aporta diferencias relevantes entre ellos. En el caso de que los criterios no sean aplicables al producto analizado, se indicarán en las puntuaciones y en su correspondiente análisis.

3.1.2. Análisis de productos

El análisis se realizará en base a los criterios definidos, si bien no se mencionarán todas y cada una de las funcionalidades, ya que no es necesario entrar demasiado en detalle. Se mencionarán aquellas funcionalidades que destaquen sobre el resto, y cuando aplique, se acompañará con una imagen ilustrativa aquellos puntos que merezca la pena mostrar para entender mejor el contexto.

En cuanto a nivel de empresas competidoras, resultará interesante además analizar datos sobre la monetización, si la herramienta dispone de métodos para obtener dinero de los usuarios; el tamaño del equipo de desarrollo, si son pocas o muchas las personas involucradas en el proyecto; y la inversión obtenida, viendo si los productos están financiados por inversores o algún otro privilegio que les proporcione dinero al equipo para desarrollarlos.

3.1.2.1. Sketchbox



Figura 1. Imagotipo de Sketchbox. (Sketchbox, 2019b)

Sketchbox (2019b) es una herramienta específicamente pensada para realizar prototipos de forma inmersiva, es decir, poder diseñar directamente desde dentro de la realidad virtual con las gafas puestas. Ofrece una gran cantidad de funcionalidades que permiten realizar prototipos de cualquier tipo, y una integración con aplicaciones de terceros que lo convierten en una herramienta muy versátil a la hora de diseñar, permitiendo incluso la edición colaborativa del mismo proyecto al mismo tiempo. En la actualidad el equipo está formado por solamente dos personas, sus fundadores Peter Le Bek y Joe Conolly (Sketchbox, 2019a).

No hay información disponible sobre la forma de monetizar la aplicación. Actualmente es una aplicación gratuita disponible para su descarga en la tienda de Steam, donde se menciona además que el precio aumentará a medida que vayan lanzando

nuevas funcionalidades (Sketchbox, 2019c). Tienen un inversor, la empresa Duro Ventures (Ahuja, 2018), en la que Sundeep Ahuja es el único capitalista, siendo consejero e inversor de más de 60 compañías correspondientes a varios ámbitos, como *e-commerce*, salud o innovación. No se puede acceder al valor de la inversión proporcionada.

A continuación, se expone la valoración de los criterios a analizar, con funcionalidades que han sido obtenidas directamente de su web oficial (Sketchbox, 2019b), de vídeos de su canal de YouTube (Sketchbox, 2018b) y de su página de ayuda (Sketchbox, 2018a).

- *Funcionalidades básicas.*

Cubre las funcionalidades más simples para poder diseñar lo que se necesite, desde utilización de formas planas o tridimensionales, dibujar en el aire y en superficies, escalado y movimiento de objetos, hasta copiar y pegar elementos y gestionar varios proyectos y modificarlos.

- *Funcionalidades avanzadas.*

La edición colaborativa es de las funcionalidades más destacables, ya que acelera el flujo de trabajo a la hora de diseñar y la cooperación, permitiendo a más de una persona estar inmersa dentro de la misma experiencia (ver Figura 2), cuando la cooperación más común es que una persona se encuentre inmersa en la experiencia y el resto, como mucho, ven una retransmisión por pantalla de esta. Dispone de compatibilidad de importación y exportación de varios formatos de imagen y modelos 3D, lo que permite integrar la herramienta con otras aplicaciones de terceros, incluidos los motores que se utilizan para generar experiencias en realidad virtual, como Unity y Unreal Engine.



Figura 2. Edición colaborativa en tiempo real. (Sketchbox, 2019b)

- *Plataformas 3DOF.*

La aplicación no está disponible en ninguna de estas plataformas.

- *Plataformas 6DOF.*

Disponible en HTC Vive, Oculus Rift y Windows MR.

- *Diseño visual.*

La aplicación no desataca por su diseño, pero es correcto. Las texturas y materiales utilizados son simples, y los menús no muy fáciles de leer, tanto por colores como por tamaño de letra.

- *Simplicidad.*

La herramienta dispone de muchas opciones. Aunque el uso de estas no es complejo, la cantidad de elementos de los menús puede llegar a resultar abrumadora. La utilización de ambos mandos permite gestos naturales al interactuar con los elementos, y la selección de las opciones de los menús es fácil ya que en un mando se encuentra el menú y con el otro se selecciona, asemejándose a cómo un pintor selecciona los colores de su paleta mientras sujeta esta con una mano y el pincel con la otra (ver Figura 3).

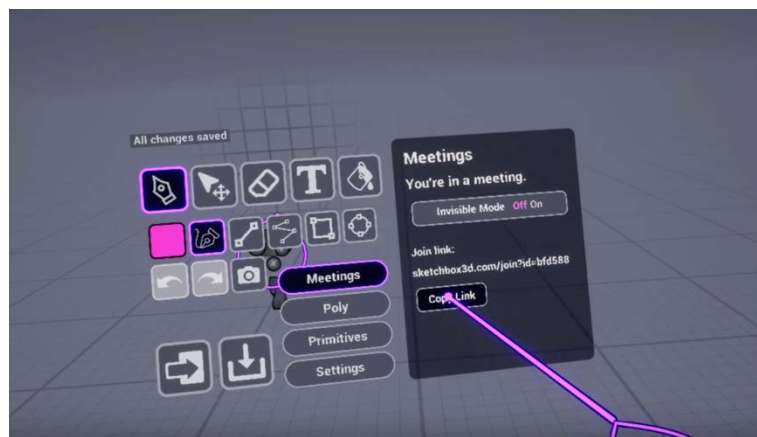


Figura 3. Menú de opciones de la aplicación y selección. (Sketchbox, 2019d)

- *Facilidad de uso.*

Las opciones y botones están correctamente etiquetados. La interacción no es consistente, ya que algunas interacciones se realizan por medio de un puntero proyectado desde el mando y otras se realizan con el propio mando. Esta incoherencia puede confundir a los usuarios ya que al estar cambiando entre una forma de interacción y otra, no se puede predecir cómo van a funcionar cada una de las opciones.

- *Facilidad de aprendizaje.*

La herramienta es fácil de aprender, ya que, aunque cuente con muchas opciones, estas se comportan de forma parecida. Como punto negativo cabe señalar la importación de recursos como imágenes o modelos que se realiza a través del ordenador, ya que es necesario navegar a carpetas específicas del interior de la aplicación que *a priori* no es intuitivo realizar y el apoyo de los tutoriales online resulta esencial en esta función.

La valoración otorgada a cada criterio se recoge en la Tabla 1.

Tabla 1. Valoración de criterios de Sketchbox.

CRITERIO	VALORACIÓN
Funcionalidades básicas	☆ ☆ ☆
Funcionalidades avanzadas	☆ ☆ ☆
Plataformas 3DOF	—
Plataformas 6DOF	☆ ☆ ☆
Diseño visual	☆
Simplicidad	☆ ☆
Facilidad de uso	☆ ☆
Facilidad de aprendizaje	☆ ☆

Fuente: elaboración propia.

Como puntos fuertes de esta aplicación se puede señalar que las funcionalidades que ofrece no solo cubren las necesidades básicas, sino que aporta funcionalidades avanzadas que se pueden incorporar muy bien en un flujo de trabajo profesional. Por esto, es una aplicación que puede llegar a tener mucho valor dentro de un equipo de diseño de realidad virtual. Como puntos débiles cabe señalar la complejidad de su interfaz, que no facilita la búsqueda de todas las opciones que tiene la aplicación; y su incoherente forma de interactuar con los elementos, lo que puede confundir a los usuarios al estar cambiando entre una forma de interacción y otra.

3.1.2.2. Storyboard VR



Figura 4. Logotipo de Storyboard VR. (Storyboard, 2018)

Storyboard VR (2018) es otra aplicación de prototipado de forma inmersiva en realidad virtual desarrollado por Artefact, una consultora de diseño e innovación de Estados Unidos. Nacido de un proyecto secundario de dos empleados de la empresa, Storyboard VR permite generar escenas utilizando imágenes importadas y figuras colocándolas donde el diseñador quiera, pudiendo cambiar entre escenas de forma que se pueda testear el flujo de la experiencia del usuario.

La herramienta ha sido creada por Paul Hoover, diseñador UX, y Sam Baker, ingeniero de software. En el equipo disponen además de dos personas de *marketing* y comunicaciones (Artefact, 2018). Actualmente la aplicación no tiene soporte, por lo

que no existen ofertas de empleo futuras, y los empleados del equipo ya no se dedican a desarrollarla.

La aplicación es totalmente gratuita, y además se mantiene en una versión *alpha* gratuita que no pretende seguir teniendo soporte. Los diseñadores apoyan esta decisión ya que siendo gratuita ayudará a los diseñadores actuales a diseñar y experimentar con diseños en realidad virtual, además de acelerar los procesos de desarrollo actuales (Artefact, 2018).

A continuación, se expone la valoración de los criterios a analizar, con funcionalidades obtenidas de su página oficial y su manual de instrucciones (Artefact, 2017b).

- *Funcionalidades básicas.*
Su funcionalidad principal es el uso de imágenes importadas para ubicarlas por la escena, con la capacidad de poder proyectarlas sobre distintas superficies. Este funcionamiento permite diseñar distintas experiencias inmersivas, pero no podría modelarse cualquier escena o elemento si no existe en una imagen previamente, por lo que las aplicaciones se ven limitadas a lo que se diseñe con herramientas externas a esta aplicación. También incluye organización de escenas hasta un máximo de 9.
- *Funcionalidades avanzadas.*
No incluye ninguna funcionalidad avanzada que sea destacable.
- *Plataformas 3DOF.*
La aplicación no está disponible en ninguna de estas plataformas.
- *Plataformas 6DOF.*
La aplicación solo está disponible en HTC Vive.
- *Diseño visual.*
El diseño es simple y plano. La visualización de los elementos de las opciones es buena, tanto por tamaño de estos como por legibilidad e identificación visual de los elementos.



Figura 5. Menú de opciones de Storyboard VR y selección. (Artefact, 2017a)

- *Simplicidad.*

La aplicación tiene un funcionamiento muy simple a la hora de colocar las imágenes y redimensionarlas. La navegación por los menús es intuitiva, y se asemeja al uso de los mandos que tenía Sketchbox: el mando izquierdo sujeta el menú de la aplicación y el mando derecho selecciona las opciones (ver Figura 5). Aún así, el flujo de trabajo con esta aplicación es complicado. Para poder preparar un prototipo es necesario disponer previamente de imágenes específicas para cada uno de los elementos que se quieran añadir, a la vez que se tienen que subir a carpetas internas de la aplicación para que luego se muestren para ser insertadas en las escenas. El diseño, por tanto, no empieza inmediatamente y se requiere del conocimiento del uso de herramientas de terceros para llevarlo a cabo.

- *Facilidad de uso.*

Las opciones y botones están correctamente etiquetados. Una vez aprendido el funcionamiento de las distintas opciones, utilizarlas es sencillo. La interacción con los elementos es coherente ya que se realizan siempre con un puntero proyectado desde el mando, lo que permite al usuario ser consciente de cómo se va a interactuar con toda la aplicación.

- *Facilidad de aprendizaje.*

La utilización de las imágenes al principio no es evidente, ya que no solo se muestran imágenes planas, sino que se pueden proyectar sobre superficies y formas para conseguir distintos efectos. Estas imágenes deben tener unos formatos y tamaños específicos, y, además, deben ser diseñadas con otro programa. Es necesario recurrir al manual para aprender todas las funcionalidades, ya que, aunque sea fácil reconocer que la funcionalidad existe, dar con el formato adecuado no lo es tanto.

La valoración otorgada a cada criterio se recoge en la Tabla 2.

Tabla 2. Valoración de criterios de Storyboard VR.

CRITERIO	VALORACIÓN
Funcionalidades básicas	☆ ☆
Funcionalidades avanzadas	—
Plataformas 3DOF	—
Plataformas 6DOF	☆
Diseño visual	☆ ☆
Simplicidad	☆
Facilidad de uso	☆ ☆ ☆
Facilidad de aprendizaje	☆

Fuente: elaboración propia.

Como puntos fuertes de esta aplicación se puede señalar su facilidad de uso y el manejo de las imágenes, que pueden tratarse prácticamente de cualquier forma. Su enfoque total a las imágenes es también su punto débil, ya que no permite tener otras opciones que puedan facilitar la creación del prototipo, como la inserción de formas o textos. Su uso está limitado por la forma de obtener las imágenes, ya que se deben generar específicamente para insertarlas en la aplicación con los formatos y tamaños necesarios.

3.1.2.3. Moment



Figura 6. Imagotipo de Moment. (Moment, 2018a)

Moment (2018) nace como una aplicación de prototipado en realidad virtual de forma inmersiva orientada a diseñadores de realidad virtual y aumentada. Se presenta como una empresa fundada por Helen Situ, Michael Markman, James Korin y Joe Dolan en Nueva York. La aplicación se encuentra actualmente en beta cerrada, lo que significa que, además de ser una aplicación que no es un producto final, su uso está limitado a un conjunto de usuarios que son seleccionados tras un proceso que realizan los propios fundadores, además de ser una aplicación que no es un producto final. Por este motivo, no existe tanta información online sobre el funcionamiento de la aplicación como con otras herramientas.

El equipo está formado por Helen Situ, Michael Markman, James Korin y Joe Dolan, sin aparentes ofertas de empleo abiertas. Actualmente cuenta con tres inversores,

siendo el principal Boost VC, incubadora y aceleradora de startups, de la cual ha salido Moment. McCune Capital y Jesse Kao son los otros dos inversores (Situ, 2018) .

No hay información sobre planes de monetización ni precios, pero al tratarse de una *beta* cerrada, se intuye que es gratuita.

A continuación, se exponen los criterios analizar para esta aplicación, obteniendo sus funcionalidades del vídeo promocional de su página web oficial (Moment, 2018).

- *Funcionalidades básicas.*

La aplicación cuenta con lo básico para poder realizar cualquier prototipo, incluyendo formas planas y tridimensionales, dibujo en el aire y en superficies, inserción de imágenes y modelos, gestión de escenas y edición de objetos, entre otras.

- *Funcionalidades avanzadas.*

La aplicación incluye más funcionalidades que apoyan la realización de los prototipos, como la modificación de la iluminación de la escena, una cámara para realizar fotos, un modo de realidad aumentada que muestra el marco de un móvil con elementos aumentados en su pantalla (ver Figura 7), la posibilidad de utilizar una rejilla para ganar precisión a la hora de colocar y transformar los objetos siguiendo los tamaños definidos por esta, y compartir la escena en la web y poder verla desde cualquier dispositivo.



Figura 7. Modo realidad aumentada en Moment. (Moment, 2018)

- *Plataformas 3DOF.*

Aunque no se indican expresamente las plataformas en la que está disponible, no se ha encontrado ningún ejemplo que muestre una ejecución en estas plataformas, y, por el funcionamiento de la aplicación, no parece que sean plataformas objetivo de la empresa.

- *Plataformas 3DOF.*

Como se ha mencionado anteriormente, no se indican las plataformas en las que la aplicación está disponible. Sin embargo, analizando los eventos a los que han asistido los fundadores para enseñar su aplicación, se puede ver cómo siempre están utilizando unas Oculus Rift, por lo que mínimo se puede confirmar que está disponible para esta plataforma.

- *Diseño visual.*

El diseño está cuidado, con opciones claras, iconos identificativos, colores legibles, texturas de los objetos cuidadas y especial atención a la iluminación de la escena al dejar personalizarla.



Figura 8. Opciones en una mano y selección en otra con los dedos. (Moment, 2018)

- *Simplicidad.*

La aplicación parece intuitiva y las opciones disponibles se muestran en un formato claro (ver Figura 8). Las interacciones con los elementos y la interfaz se realizan con las manos, lo que permite una interacción más natural a la que no es difícil acostumbrarse y además es recomendada para experiencias inmersivas, ya que verse las manos e interactuar con ellas aumenta la sensación de presencia en la experiencia y se siente más natural que la alternativa con los botones del mando (Georgiadis y Yousefi, 2017).

- *Facilidad de uso.*

La utilización de las manos permite una interacción más natural con los elementos, ya que se pueden tocar, agarrar, mover, estirar, lanzar, en definitiva, interacciones que, por el hecho de ser naturales, el usuario las tiene más asimiladas, y, además, es más predecible el resultado que puede desencadenar una acción. La precisión en la detección de gestos es necesaria para que la comunicación entre el usuario y el sistema funcione debidamente y no se saque al usuario de la experiencia (Källberg, 2016).

- *Facilidad de aprendizaje.*

Se desconoce si la aplicación incorpora tutoriales o ayudas contextuales más allá de las descripciones de las distintas opciones. Aún así, al tratarse de interacciones naturales, estas van a ser asimiladas de forma más fácil que las interacciones con los botones del mando.

La valoración otorgada a cada criterio se recoge en la Tabla 3.

Tabla 3. Valoración de criterios de Moment.

CRITERIO	VALORACIÓN
Funcionalidades básicas	☆ ☆ ☆
Funcionalidades avanzadas	☆ ☆ ☆
Plataformas 3DOF	—
Plataformas 6DOF	☆ ☆
Diseño visual	☆ ☆
Simplicidad	☆ ☆ ☆
Facilidad de uso	☆ ☆ ☆
Facilidad de aprendizaje	☆ ☆ ☆

Fuente: elaboración propia.

Como puntos fuertes destacan las funcionalidades básicas y avanzadas, que permiten una gran libertad a la hora de diseñar el prototipo permitiendo añadir todo tipo de elementos y personalizar aspectos de la propia escena. Su integración con el flujo de trabajo profesional también está bien conseguida, pudiendo integrarse con herramientas externas o incluso poder compartir las escenas por versiones web que cualquier persona pueda ver, como clientes. La interacción con las manos aumenta la inmersión del usuario en la experiencia y permite un uso natural de los elementos. Como punto débil podría señalarse el poco avance que tiene la aplicación en cuanto a desarrollo, estando en *beta* desde su publicación y sin avances desde principios de 2018.

3.1.2.4. Tvorí



Figura 9. Logotipo de Tvorí. (Tvorí, 2019b)

Tvorí (2019b) es una aplicación pensada para la creación de animaciones 3D en realidad virtual, de forma que, creando una escena y los personajes a modo de marioneta, el usuario es capaz de mover sus cuerpos y grabar en vídeo su movimiento o realizar fotos. La aplicación destaca por su apartado gráfico, con un tono simple y alegre. La aplicación intenta alejarse lo máximo posible de los elementos de interfaz planos: todos los menús se corresponden con elementos que pueden encontrarse en el mundo real y se comportan como un usuario esperaría que se comportaran, jugando con el concepto de cajón de sastre, en el que el usuario es capaz de sacar de dentro del mismo las herramientas que necesite y usarlas como se espera que los objetos que las representan pueden ser usados. Por ejemplo, para pintar a mano alzada el usuario coge un pincel del cajón de sastre, y pinta con las cerdas de este. Aunque la aplicación no está

pensada específicamente para prototipar, sí se pueden realizar prototipos con la misma.

Actualmente el equipo está formado por cinco personas, los fundadores Dmitry Kurilchenko y Viktor Komarovskih, quienes comenzaron con el desarrollo de la aplicación en 2016, y los posteriores desarrolladores de la aplicación (Tvori, 2019b).

La aplicación ofrece tres planes de precios dependiendo del usuario final. De esta forma, para estudiantes y escuelas o universidades la aplicación es gratuita, para uso personal la aplicación cuesta 19,99€ en tiendas digitales, y para uso comercial, la aplicación ofrece un plan de suscripción con precio personalizado a la compañía y cantidad de personas que utilizarán la aplicación, por lo que el precio en este caso se desconoce.

A continuación, se exponen los criterios a analizar para esta aplicación, obteniendo sus funcionalidades de su página de ayuda oficial (Tvori, 2019a).

- *Funcionalidades básicas.*

La aplicación cuenta con los elementos básicos para poder realizar prototipos, incluyendo la utilización de formas planas y tridimensionales, imágenes, textos, colores, transformación y movimiento de objetos, entre otras.

- *Funcionalidades avanzadas.*

Dado que el objetivo principal de la aplicación es realizar animaciones, la aplicación goza de una gran cantidad de funcionalidades para poderlas realizarlas. Destaca la posibilidad de poder crear marionetas, con capacidad de conectar las distintas porciones del cuerpo de forma que cuando se mueva una, las porciones conectadas se moverán con ella. Dispone de un modo de grabación para poder elegir un plano y mover la marioneta con los mandos para realizar las animaciones. Se pueden importar recursos de todo tipo, desde modelos 3D hasta audio y vídeo. Dispone de ajustes de iluminación, materiales y sonido ambiente.

- *Plataformas 3DOF.*

La aplicación no está disponible para estas plataformas.

- *Plataformas 6DOF.*

La aplicación está disponible para Oculus Rift, HTC Vive y Windows MR.



Figura 10. Elementos de la interfaz de Tvorí. (Tvorí, 2019b)

- Diseño visual.*

Todos los elementos de esta aplicación tienen un detalle muy cuidado, especialmente en materiales, texturas e iluminación, que permiten estar en un ambiente placentero mientras se diseña (ver Figura 10). Cada elemento del cajón de sastre está diseñado en tres dimensiones y con una forma identificativa y bien elegida para representar cada una de las acciones. La legibilidad de los textos y la utilización de los colores también es adecuada.
- Simplicidad.*

La herramienta dispone de muchas funcionalidades, más de la mitad de ellas avanzadas, por lo que puede resultar compleja de utilizar y abrumadora. El cajón de sastre, si bien permite tener las acciones disponibles de una categoría de un solo vistazo, dispone de más categorías en los laterales, lo cual provoca tener que girar el cajón para ver otras opciones. Aún así, las acciones están pensadas para parecerse y actuar como objetos naturales, lo que limita su funcionamiento a como se compararían en la realidad o de forma más simplificada, lo que reduce la complejidad de las acciones.
- Facilidad de uso.*

Dado que las acciones están representadas como objetos reales, su utilización es intuitiva y fácil de manejar. Existen elementos de la interfaz planos, como la grabación de animaciones, que utilizan iconos convencionales e interfaces comunes.
- Facilidad de aprendizaje.*

La gran cantidad de tutoriales y ayudas existentes puede dar la impresión de que no es tan sencillo de aprender, pero una vez visto el funcionamiento, replicar las acciones es muy sencillo. Además, cada acción está etiquetada correctamente para no dejar lugar a dudas de la acción que se va a realizar.

La valoración otorgada a cada criterio se recoge en la Tabla 4.

Tabla 4. Valoración de criterios de Tvorì

CRITERIO	VALORACIÓN
Funcionalidades básicas	☆ ☆ ☆
Funcionalidades avanzadas	☆ ☆ ☆
Plataformas 3DOF	—
Plataformas 6DOF	☆ ☆ ☆
Diseño visual	☆ ☆ ☆
Simplicidad	☆ ☆
Facilidad de uso	☆ ☆ ☆
Facilidad de aprendizaje	☆ ☆ ☆

Fuente: elaboración propia.

El diseño de esta aplicación es el mayor punto fuerte que tiene, además de las numerosas funcionalidades que tiene, lo que permite poder utilizar esta aplicación para poder crear cualquier cosa, desde un prototipo poco detallado hasta una película con escenas e iluminación de alta calidad (Casper, 2019). Destaca además por su facilidad de uso y aprendizaje, y por su diferencial forma de representar las opciones, con objetos reales, alejados de las interfaces planas que se acostumbran a ver. Como puntos débiles hay que señalar que el uso del cajón de sastre para la gran cantidad de opciones que dispone puede no ser del todo efectivo y debe ser pensada otra forma de navegación por este.

3.1.3. Resultados del análisis

Si bien se han mirado más herramientas de las que aquí se muestran, se han analizado cuatro – una menos que las recomendadas por FUOC (2017b) – porque no se han encontrado más herramientas que puedan aplicarse a la elaboración de prototipos de experiencias inmersivas. Si bien existen aplicaciones que permiten modelar o dibujar en tres dimensiones, incluidas aplicaciones en plataformas 3DOF, su uso apenas es aplicable a la hora de integrarse dentro del flujo de diseño de una aplicación inmersiva. Quizá para diseñar la ambientación y la escena pueda servir, pero no para evaluar si el diseño que se está pensando y sus interacciones son correctas, y si estos se corresponden a lo que se espera de ellos.

Ninguna de las aplicaciones analizadas tiene alternativa en plataformas 3DOF. No se ha considerado este aspecto de ellas como un punto débil porque puede ser decisión de la empresa enfocarse específicamente en plataformas 6DOF, además de que sus interacciones no serían posibles en plataformas 3DOF. De las aplicaciones del estilo que existen en plataformas 3DOF, solo sirven para modelar en tres dimensiones o dibujar,

sin que existan aplicaciones que puedan servir para diseñar o prototipar. Se puede detectar un nicho de mercado no satisfecho para este tipo de aplicaciones.

Tabla 5. Resumen de los resultados del análisis de las herramientas del mercado.

CRITERIO	SKETCHBOX	STORYBOARD VR	MOMENT	TVORI
Funcionalidades básicas	☆ ☆ ☆	☆ ☆	☆ ☆ ☆	☆ ☆ ☆
Funcionalidades avanzadas	☆ ☆ ☆	—	☆ ☆ ☆	☆ ☆ ☆
Plataformas 3DOF	—	—	—	—
Plataformas 6DOF	☆ ☆ ☆	☆	☆ ☆	☆ ☆ ☆
Diseño visual	☆	☆ ☆	☆ ☆	☆ ☆ ☆
Simplicidad	☆ ☆	☆	☆ ☆ ☆	☆ ☆
Facilidad de uso	☆ ☆	☆ ☆ ☆	☆ ☆ ☆	☆ ☆ ☆
Facilidad de aprendizaje	☆ ☆	☆	☆ ☆ ☆	☆ ☆ ☆

Fuente: elaboración propia.

Como se puede ver en la Tabla 5, la aplicación que mejor cumple los criterios de este análisis es Tvorí, seguida muy cerca por Moment. El desarrollo de la primera aplicación es más activo que el de la segunda, que se encuentra en *beta* desde 2018 sin actualizaciones, por lo que de elegir una de las dos sin duda es Tvorí. Sketchbox es una aplicación que sirve perfectamente para prototipar y es muy completa, pero su propio diseño carece de algunos aspectos que podrían mejorar su experiencia de usuario. Storyboard VR se encuentra descontinuada por sus creadores, por lo que no se podía esperar una gran aplicación de ella. Sin duda es útil para el diseño de experiencias inmersivas, pero está muy limitada en funcionalidades.

Del análisis de estas aplicaciones se pueden sacar unas conclusiones que pueden ayudar en el diseño futuro de la aplicación a desarrollar en este trabajo:

1. No existen actualmente aplicaciones para plataformas 3DOF que permitan diseñar o prototipar experiencias en realidad virtual de forma inmersiva, es decir, desde dentro de la propia aplicación.
2. Cuanto más natural sea la interacción, más sensación de inmersión y realismo tendrán los usuarios, por ejemplo, si pueden realizar acciones con gestos o mostrar sus manos en vez de los mandos.
3. Hay que tener en cuenta que la interacción debe ser consistente en toda la aplicación, o intentar en la medida de lo posible no mezclar tipos de interacción, como realizar acciones con el puntero del mando y acciones con las manos.

4. Para poder prototipar se necesita disponer de funcionalidades básicas mínimas que puedan ofrecer libertad a la hora de intentar probar una experiencia de forma sencilla. Conviene centrarse en cubrir el mayor número de funcionalidades básicas antes de pasar a ofrecer avanzadas.
5. Las funcionalidades avanzadas son los elementos verdaderamente diferenciales en estas aplicaciones, y la elección de estas va ligada a la forma de trabajar de su público objetivo para poder integrarse dentro de su flujo de trabajo.
6. La visibilidad de los elementos es muy importante al tratarse de pantallas con una resolución, que en el caso de plataformas 3DOF, es muy baja al magnificarse estas con las lentes oculares de las gafas. Conviene prestar especial atención a la elección de colores que no irriten los ojos y a la legibilidad de los textos.
7. Utilizar objetos en vez de elementos planos de la interfaz para representar acciones aumenta la sensación de inmersión, el realismo y los hace más intuitivos de utilizar.
8. Las aplicaciones en plataformas 6DOF son más cómodas de manejar y tienen un mayor número de interacciones posibles que las plataformas 3DOF, tanto por rango de movimiento de la cabeza y los mandos, como por el número de botones disponibles y el número de mandos.

Una vez hecho el *Benchmarking*, se tiene una mejor visión del estado de las herramientas de la competencia y la aceptación por parte de los usuarios de estas, además de unas conclusiones que pueden ayudar en fases futuras del diseño.

4. Motivación y objetivos

Como se ha podido comprobar en el análisis del apartado 3.1, existen herramientas que permiten prototipar con funcionalidades avanzadas directamente en realidad virtual, pero estas herramientas solo están disponibles para las gafas más potentes, siendo estas aplicaciones accesibles solamente para aquellos usuarios que estén dispuestos a pagar la gran suma de dinero que requieren esas gafas, tanto por el coste de las propias gafas como por el potente ordenador que requieren. Para las gafas orientadas al consumidor medio estas herramientas no están disponibles. Es por eso por lo que, actualmente, los desarrolladores y diseñadores de contenido en realidad virtual se ven obligados a aprender la tecnología en la que se basa para poder realizar prototipos, con los costes de tiempo, dinero y esfuerzo que eso genera. Aquí se encuentra el primer problema del diseño en realidad virtual: no hay herramientas para gafas orientadas al consumidor medio que permitan generar un prototipo de forma sencilla que a nivel de fidelidad esté a la altura de los prototipos de las otras áreas tecnológicas, o que ofrezca un mínimo de funcionalidades como para poder utilizarlo de forma profesional. La utilidad principal de los prototipos es ahorrar costes y ser más ágiles a la

hora de diseñar, ya que hacer cualquier cambio en un prototipo no supone ni la mitad de esfuerzo que cambiar algo que ya está implementado. No tiene sentido que para hacer un prototipo se gaste tanto o sea tan difícil hacerlo, porque va en contra de la propia idea de prototipar. Un prototipo no debería ser caro ni difícil de hacer y aprender, ni mucho menos estar limitados a las gamas más altas de dispositivos.

Por otra parte, el desarrollo en realidad virtual necesita apoyarse en herramientas de creación de contenido digital, ya sea en dos dimensiones como Adobe Photoshop, o en tres dimensiones, como Maya. Con estas herramientas se pueden conseguir texturas, modelos de personajes, mobiliario, escenarios, diseño de elementos de la interfaz, y además también se pueden utilizar para conseguir cierto nivel de prototipado, pero no dejan de ser herramientas que están pensadas para generar un contenido que va a verse en una pantalla plana, por lo que de realizar un prototipo con ellas se estarían obviando una gran cantidad de detalles que el diseño en realidad virtual – o diseño inmersivo – necesita tener en cuenta, y que a través de una pantalla no se van a percibir, como son el tamaño de los elementos y las áreas pulsables, la distancia y profundidad a la que se colocan los elementos, la legibilidad de los textos, los colores, los sonidos... Es aquí donde se encuentra el segundo problema del diseño en realidad virtual: para prototipar correctamente una experiencia o aplicación en realidad virtual, es necesario hacerlo dentro de la realidad virtual, porque es donde se va a ver el contenido.

A partir de lo contemplado hasta ahora, se realizará el presente trabajo con el objetivo de presentar una herramienta de prototipado en realidad virtual que solucione los problemas mencionados, conseguir desarrollar una primera versión de la aplicación dentro del alcance que permita este proyecto y realizar un plan de negocio que permita sacar rentabilidad a la aplicación y valorar su viabilidad, creando una empresa dedicada a esta aplicación.

5. Metodología: Design Thinking

En 1990 David Kelley y Tim Brown de la consultora internacional de diseño IDEO empezaron a acuñar como *Design Thinking* a aquellos procesos e ideas que estaban siendo aplicados en los distintos procesos de diseño que se realizaban en diferentes ámbitos de la industria (Gibbons, 2016). Esta ideología afirma que un enfoque práctico y centrado en el usuario para la resolución de problemas puede conducir a la innovación, y la innovación puede conducir a la diferenciación y a una ventaja competitiva (Gibbons, 2016). Desde que se determinó esta ideología, ha sido aplicada en todos los procesos de diseño independientemente del ámbito en el que se trabaje, y ha ido evolucionando junto con las metodologías de trabajo más modernas. Es una ideología que está integrada actualmente en empresas y escuelas, y además cualquier diseñador la aplica, aunque sea inconscientemente: todo lo que se diseña se hace teniendo en mente a la persona que va a utilizar el producto, el usuario (Gibbons, 2016).

Además de ser una ideología, *Design Thinking* es una metodología que plantea un proceso de desarrollo dividido en seis fases (ver Figura 11):

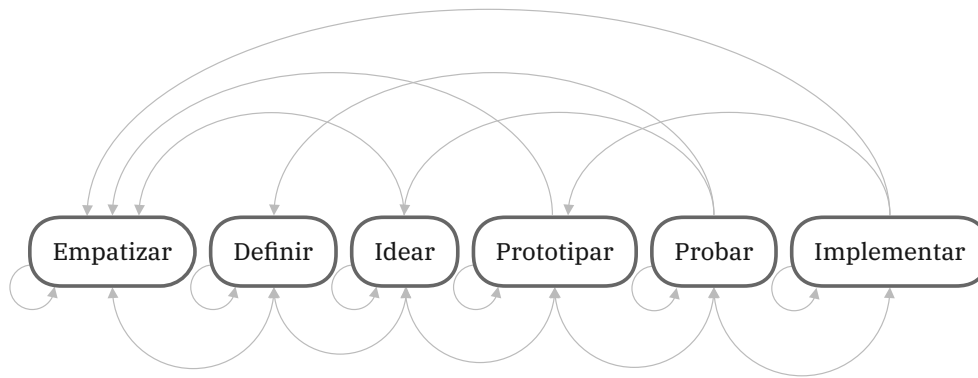


Figura 11. Diagrama de iteraciones de la metodología Design Thinking.
Elaboración propia a partir de Gibbons (2016).

- *Empatizar.*
Se desarrolla el conocimiento sobre los usuarios y su contexto a través de la investigación, utilizando diferentes métodos para obtener los datos. El objetivo es poder empatizar con los usuarios para poder entender qué hacen, qué dicen, que piensan y qué sienten (Gibbons, 2016).
- *Definir.*
Se combina toda la investigación realizada para empezar a definir aquellos aspectos que son un problema para los usuarios, y aquellos que les reportan satisfacción. Esta fase es importante porque es donde se identifican las necesidades que tienen los usuarios y donde se empiezan a ver oportunidades de negocio en cuanto a innovación y ventaja competitiva.
- *Idear.*
A partir de los problemas y las necesidades de los usuarios se proponen la mayor cantidad de ideas posibles que puedan solucionarlos o satisfacerlos. A mayor cantidad de ideas, más probabilidades de innovar y de encontrar la mejor solución para los usuarios existen.
- *Prototipar.*
Se ponen las ideas sobre la mesa y se eligen aquellas que se adaptan mejor a las necesidades de los usuarios, creando representaciones del producto final que puedan ser probadas para comprender qué ideas funcionan y cuáles no. Al materializar las ideas en algo tangible se entiende mejor el producto y se genera discusión, tanto para obtener comentarios buenos como malos, los cuales permiten afinar el diseño y elegir entre distintas alternativas.
- *Probar.*
Se pone el prototipo frente a usuarios reales para verificar si las soluciones que en él están representadas satisfacen sus necesidades y cumple los objetivos para los que está diseñado. Es una fase importante ya que se obtienen más datos de los usuarios con los comentarios y críticas que aportan durante el uso del prototipo,

y siempre permite asegurarse de que el producto final está hecho a medida para sus usuarios.

- *Implementar.*

La fase más importante de todas, en la que el diseño se crea de forma real para que llegue a todos los usuarios.

Al ser una metodología centrada en el usuario, todas las fases del diseño tienen en cuenta a personas reales y usuarias de aquello que se esté creando, poniéndolas en el centro de todas las fases: desde el inicio, con la obtención de sus datos y necesidades; pasando por la creación de los prototipos que satisfacen necesidades reales y no imaginarias de los usuarios, hasta la prueba de estos con personas reales (Gibbons, 2016). Además, esta metodología es totalmente flexible e iterativa, por lo que no se queda en una simple ejecución de sus fases una tras otra, sino que estas se repiten las veces que haga falta en el orden en el que el proyecto las requiera. Esta parte es importante porque si en una determinada fase no se dispone de datos suficientes, el producto no estará hecho de la mejor forma posible, por lo que es necesario repetir cualquiera de las fases las veces que haga falta hasta estar seguros de que se disponen de los datos necesarios para continuar. Aunque se explicará con más detalle en el apartado 8, es conveniente adelantar que en este proyecto no se va a seguir el orden original de las fases de *Design Thinking*, debido a que para poder prototipar es necesario implementar antes, ya que no se disponen de herramientas de prototipo que permitan prototipar la aplicación a desarrollar ya que no están disponibles en las gafas de realidad virtual que se disponen. Por ello, la fase de prototipado y la de implementación estarán muy unidas, ya que, aunque se pueda prototipar en papel o en el ordenador, para probar las soluciones tendrán que implementarse, y refinar cada vez más los prototipos. Esto provoca que las pruebas de usuarios tengan que hacerse al final del proceso, una vez se dispone de un prototipo implementado.

Se ha elegido esta metodología para realizar este trabajo ya que el objetivo es conseguir vender un producto, y este producto debe ser valioso para los usuarios finales. De no utilizar una metodología centrada en el usuario, se podrían definir muchas funcionalidades que aportarían mucho al producto, pero el riesgo de acabar con un producto que finalmente nadie quiera hará que todo haya sido en vano, y este riesgo es alto por mucho que se utilice esta metodología, pero reduce este riesgo. Por otra parte, esta metodología aporta beneficios a las dos partes implicadas en este trabajo: los usuarios, al crearse un producto en base a sus necesidades y con ellos en mente en todo momento; y el negocio, al ayudar a aportar innovación al producto y hallar ventajas competitivas que pueden utilizarse para diferenciarse de la competencia que el producto pueda tener. Además, este trabajo se centra más en el diseño del producto y del negocio que en los aspectos más técnicos de su implementación, por lo que es una metodología acorde a los objetivos del trabajo.

Los siguientes capítulos están estructurados en base a las fases de esta metodología, lo que además de aportar una estructura ordenada y lógica, ayuda a ver todo el trabajo que hay detrás del producto final, al no dar como resultado un documento

técnico, sino más bien una representación más o menos cronológica del trabajo que se ha ido realizando a lo largo de los meses y las decisiones que se han ido tomando.

6. Exposición del problema

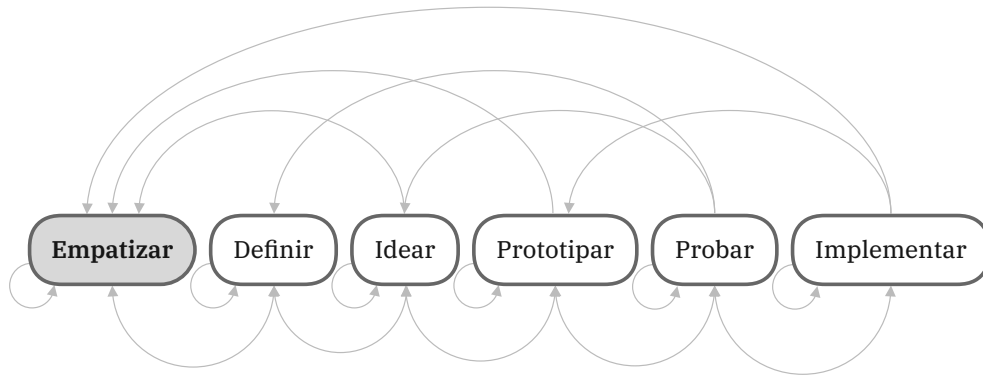


Figura 12. Metodología Design Thinking: Empatizar. Elaboración propia a partir de Gibbons (2016).

6.1. Definición de personas

Para comenzar la fase de Empatizar de *Design Thinking* (ver Figura 12), es necesario definir los usuarios objetivo del producto a desarrollar. De no hacerlo, se malgastarían recursos investigando aspectos que no son relevantes para el producto, además de que este puede carecer de personalización y no solucionar los problemas que los usuarios tienen realmente.

Según FUOC (2017d), una Persona es la descripción de un usuario arquetípico que puede servir como guía a lo largo del proceso de diseño. La definición de una Persona permite conseguir un perfil de un usuario lo más real posible, teniendo en cuenta que la generalización y los sesgos son inevitables aplicado esta medida. De todas formas, no es manejable tener en cuenta a todos los tipos de usuario que utilizarán el producto, por lo que simplificarlos facilitará las labores de diseño y desarrollo futuras.

El principal beneficio que aporta esta técnica es la capacidad de empatizar con las Personas creadas, ya que no se limita simplemente a enumerar datos sobre el segmento al que pertenecen, como edad, educación, ocupación... sino que tiene en cuenta otros atributos que humanizan a estas Personas, como sus inquietudes, sus necesidades, sus motivaciones y aspiraciones. También se les asigna un nombre y se les pone una cara, ya que está demostrado que mejora la capacidad de empatizar con personajes no reales. Empatizar con las Personas permitirá tenerlas en cuenta durante el diseño y poder entender cómo se comportarían en ciertos momentos, ayudando a aportar distintos puntos de vista en las soluciones propuestas.

El cliente objetivo de este trabajo es un diseñador de experiencias y aplicaciones inmersivas en realidad virtual. Si bien otros clientes podrían utilizar sin problema el

producto, para su definición no se tendrán en cuenta más perfiles, ya que el objetivo de este trabajo es mejorar el flujo de trabajo de estos diseñadores en concreto.

Para la definición de Personas que puedan utilizarse para el diseño de este proyecto, se entrevistó a cuatro diseñadores de realidad virtual durante 30 minutos por separado. Los entrevistados son diseñadores que trabajan para una misma empresa, dos con dos años de experiencia en realidad virtual (36 y 29 años), uno con más de un año de experiencia (27 años) y otro con menos de un año (24 años). Se han podido definir dos tipos de Personas en base a las observaciones extraídas de estas entrevistas, las cuales se definen en la Tabla 6 y en la Tabla 7.

Tabla 6. Persona Carlota



Carlota

Mujer, 27 años

PERSONALIDAD

Trabajadora y centrada, busca hacer su trabajo lo más rápido posible. Amiga de sus amigos, sociable y buena compañera.

EDUCACIÓN Y EXPERIENCIA

Ingeniería Industrial.

ROLES Y RESPONSABILIDADES

Diseñadora de experiencia de usuario, especializada en aplicaciones móviles y realidad virtual.

HABILIDADES TÉCNICAS Modelado 3D. Herramientas de diseño y prototipado. No le gusta aprender programas nuevos. No dispone de gafas de realidad virtual en su casa. No sabe programar.

CONOCIMIENTO DE SU ÁREA Conocimiento de experiencia de usuario (2 años). Poco conocimiento de realidad virtual el que tiene lo ha adquirido en base a su experiencia laboral (1 año).

DESEOS Y MOTIVACIONES Mayor experiencia laboral, viajar, poder aplicar los conocimientos adquiridos en su carrera, disfrutar más tiempo con su pareja.

ASPIRACIONES Y EXPECTATIVAS No quiere ser la mejor profesional del equipo, quiere ser correcta y trabajar bien.

INQUIETUDES Estabilidad laboral. No ve futuro a la realidad virtual fuera del entretenimiento.

Fuente: elaboración propia. Foto de Dam (2017).

Tabla 7. Persona Marcos.



Marcos

Hombre, 32 años

PERSONALIDAD

Trabajador y perfeccionista, siempre tiende una mano a quien necesite ayuda. Sociable, amigo de sus amigos, buen compañero.

EDUCACIÓN Y EXPERIENCIA

Bellas artes. Máster en diseño de realidad virtual.

ROLES Y RESPONSABILIDADES

Diseñador visual, especializado en aplicaciones móviles y realidad virtual.

HABILIDADES TÉCNICAS Herramientas de diseño y prototipado. Le encanta estar a la última en herramientas que mejoren su trabajo y el de su equipo. Dispone de gafas de realidad virtual en su casa y las utiliza de vez en cuando. No sabe programar.

CONOCIMIENTO DE SU ÁREA Conocimiento de experiencia de usuario (5 años) y realidad virtual (2 años).

DESEOS Y MOTIVACIONES Ser una persona indispensable en su equipo. Motivar a su equipo transmitiendo conocimiento. Vivir bien, no privarse de nada.

ASPIRACIONES Y EXPECTATIVAS Ser mejor profesional, aumentar su formación, poder escribir un blog para darse a conocer y transmitir su conocimiento.

INQUIETUDES Quiere que sus diseños acaben implementados de forma fiel y los desarrolladores muchas veces no lo pueden conseguir. No dispone de argumentación suficiente fuera del estilo visual de las aplicaciones que diseña en realidad virtual.

Fuente: elaboración propia. Foto de Villasmil (2018).

Con estas Personas definidas, con nombre y cara incluidas, se podrán hacer referencias a ellas a lo largo del proceso de diseño, y permitirá recordar para qué tipo de usuarios se está diseñando y qué pueden pensar del producto en cierto momento. Las observaciones aquí incluidas también se utilizarán para definir más detalles del usuario o cliente final.

6.2. Propuesta de valor

A menudo el diseño de herramientas va ligado a una enumeración de características que se piensan que serán válidas pero que no son contrastadas con las necesidades que el cliente final verdaderamente tiene, por lo que se acaban con productos que pueden no tener la demanda que se estimó que tendrían, porque los clientes realmente no lo acaban necesitando. Centrarse en el usuario final más que en el propio producto es una parte fundamental de este trabajo. Entender al usuario en esta fase del diseño es esencial para conseguir un producto acorde a sus necesidades, por lo que se debe empatizar con los usuarios y localizar sus problemas, tal y como se indica en la metodología *Design Thinking*. El objetivo de realizar una propuesta de valor es este mismo, focalizar dónde están los problemas de los clientes finales y definir qué solución se da a estos, por lo que es el método que se utilizará en este trabajo para definir el problema y la solución que presenta el producto a diseñar.

Una propuesta de valor es una “descripción de los beneficios que los clientes pueden esperar de tus productos y servicios” (Osterwalder, Pigneur, Smith, y Bernarda, 2017). Acentuando estos beneficios se puede ver el valor que tiene el producto para los clientes, especialmente destacando aquellos problemas que soluciona y qué necesidades de estos se satisfacen. El lienzo de la propuesta de valor es una “herramienta estratégica de gestión para diseñar, probar, construir y gestionar productos y servicios.” (Osterwalder et al., 2017). El origen de esta herramienta viene directamente del lienzo de modelo de negocios, que es una herramienta para generar modelos de negocios rentables y escalables, y, por tanto, al ser más general, cubre muchos más aspectos que los que cubre el lienzo de la propuesta de valor. Mientras que el lienzo de modelo de negocios se centra en crear valor para el negocio, el lienzo de propuesta de valor se centra en crear valor para el cliente (Osterwalder et al., 2017) .

El lienzo de propuesta de valor está compuesto por dos partes del lienzo de modelo de negocios: la propuesta de valor y el segmento de mercado. La primera parte se centra en la propia propuesta de valor del producto, ubicándose en la parte izquierda del lienzo, y se hace referencia a ella con el término mapa de valor. La segunda se centra en aquellas características de los clientes que les identifican como segmento, y a los que se les puede aplicar una propuesta de valor específica (Osterwalder et al., 2017). Esta parte se ubica en la parte derecha del lienzo y recibe el nombre de Perfil del cliente.

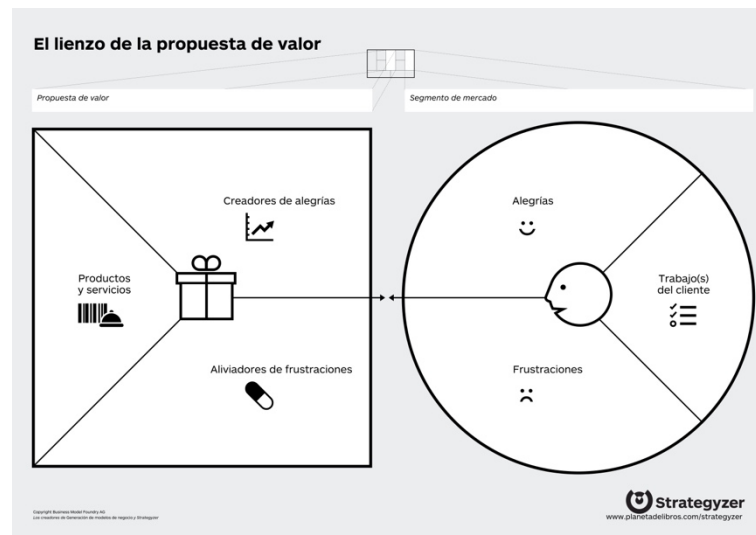


Figura 13. Lienzo de la propuesta de valor. (Osterwalder et al., 2017)

En el mapa de valor se incluyen aquellas hipótesis sobre el valor del producto para los clientes y su capacidad de satisfacer las necesidades y deseos que tienen. En el mapa se describe de manera más estructurada y detallada las características de una propuesta de valor específica del modelo de negocio, dividiéndolo en tres partes: productos y servicios, aliviadores de frustraciones y creadores de alegrías (Osterwalder et al., 2017).

En el perfil de cliente se incluyen aquellas hipótesis que se hayan obtenido de la observación de estos, y de forma más detallada y estructurada, describe las características del segmento de clientes específico del modelo de negocio. Se divide en trabajos, frustraciones y alegrías. (Osterwalder et al., 2017)

Esta metodología propone que cada uno de los lados del lienzo se vaya rellenando con hipótesis hasta que se complete cada una de sus divisiones. El objetivo del lienzo es encajar el mapa de valor con el perfil de cliente, comprobando que los aliviadores de frustraciones y creadores de alegrías que produce el producto satisfacen los trabajos, frustraciones y alegrías de los clientes. De esta forma, el producto estará adaptado al cliente lo mejor posible, además de que se crea una prioridad sobre aquellos aspectos de los clientes que se desea satisfacer ahora o en un futuro, y diferenciar cuáles no se pueden satisfacer. Cuando exista un encaje en alguna de las hipótesis mencionadas a continuación, se marcarán con una marca de verificación (✓) para indicarlo. Una vez definida la propuesta de valor, se tendrá que tener en cuenta como pilar a la hora de definir el producto, ya que será lo que evite que se diseñe un producto que no importará a los clientes.

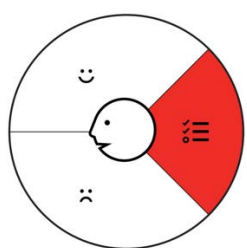
6.2.1. Perfil del cliente

El cliente objetivo de este trabajo es un diseñador de experiencias y aplicaciones inmersivas en realidad virtual, como las personas que se definieron en el apartado 6.1. Si bien otros clientes podrían utilizar sin problema el producto, para definirlo se centrará el análisis en ver cómo trabajan los diseñadores y las necesidades que tienen a la

hora de desempeñar su tarea. Con este cliente en la cabeza se ha rellenado el lienzo con hipótesis que han sido contrastadas con tres diseñadores dedicados a este ámbito, y se presentan en este documento ya priorizadas y ordenadas para su mejor presentación. Cuanto más importantes sean las hipótesis para los clientes, más habrá que tenerlas en cuenta para definir el producto.

Los trabajos del cliente describen aquello que intentan resolver tanto en su vida personal como en su vida laboral (Osterwalder et al., 2017). En la Tabla 8 se listan los trabajos del cliente obtenidos con esta metodología, ordenados de más importantes a más insignificantes:

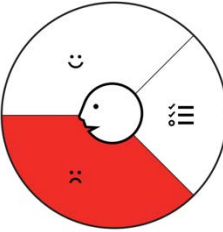
Tabla 8. Trabajos del cliente en la propuesta de valor.

	TRABAJO IMPORTANTE
	<p>Diseñar experiencias en tres dimensiones. ✓</p> <p>Tomar decisiones con confianza. ✓</p> <p>Justificar decisiones de diseño. ✓</p> <p>Ser lo más productivo posible. ✓</p> <p>Prototipar antes de diseñar. ✓</p> <p>Diseñar la mejor solución posible a los problemas planteados.</p> <p>Crear con las herramientas que dispone.</p> <p>Tener en cuenta la accesibilidad y la usabilidad. ✓</p> <p>Probar sus ideas para ver su validez. ✓</p> <p>Colaborar con el resto de los compañeros.</p> <p>Crear sin saber implementar. ✓</p> <p>Diseñar aplicaciones y experiencias innovadoras.</p>
	TRABAJO INSIGNIFICANTE

Fuente: elaboración propia. Imagen de Osterwalder et al. (2017).

Las frustraciones del cliente describen lo que molesta a los clientes, antes, durante y después de intentar resolver un trabajo o aquello que les impide resolverlo, junto con los riesgos que pueda conllevar (Osterwalder et al., 2017). En la Tabla 9 se listan las frustraciones del cliente obtenidas con esta metodología, ordenadas de más extremas a más moderadas:

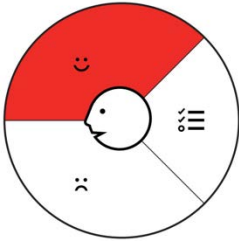
Tabla 9. Frustraciones del cliente en la propuesta de valor.

FRUSTRACIONES EXTREMAS	
	Dificultad para explicar y mostrar ideas inmersivas. ✓
	Gastar mucho tiempo aprendiendo a programar. ✓
	Definir diseños sin saber si van a funcionar o no. ✓
	No disponer de suficiente tiempo para diseñar.
	Tener que programar para probar sus ideas. ✓
	Tener que disponer de gafas caras para usar herramientas de prototipado. ✓
	Que la implementación y el diseño no se parezcan.
	No poder explicar concretamente cómo los desarrolladores deben implementar el diseño. ✓
	No tener inspiración.
	Dificultad para prototipar antes de diseñar. ✓
	Que una solución propuesta no sea la mejor.
	No tener poder de decisión en la ubicación de los elementos. ✓
	Diseñar desde una pantalla plana una experiencia inmersiva. ✓
	Tener que aprender un programa nuevo.
FRUSTRACIONES MODERADAS	

Fuente: elaboración propia. Imagen de Osterwalder et al. (2017).

“Las alegrías describen los resultados que quieren conseguir los clientes o los beneficios concretos que buscan”(Osterwalder et al., 2017) . En la Tabla 10 se listan las alegrías obtenidas con esta metodología, ordenadas de más esenciales a más agradables.

Tabla 10. Alegrías del cliente en la propuesta de valor.

ALEGRÍAS ESENCIALES	
	Que su equipo le tenga bien valorado.
	Ganar experiencia en el ámbito.
	Crear sin pagar de su bolsillo.
	Ser más profesional. ✓
	Poder enseñar y explicar mejor sus ideas. ✓
	Argumentar mejor las decisiones de diseño. ✓
	Poder saber cuanto tienen que medir las cosas. ✓
	Ser indispensable para su equipo.
	Disponer de una herramienta que no cueste mucho dinero. ✓
	Poder diseñar de forma inmersiva dentro de la realidad virtual. ✓
	Tener una herramienta que le guste usar. ✓
	Usar una herramienta que no cueste aprender. ✓
	Usar una herramienta que se integre con otros programas que utilice. ✓
ALEGRÍAS AGRADABLES	

Fuente: elaboración propia. Imagen de Osterwalder et al. (2017).

Tras rellenar el perfil del cliente se dispone de una breve descripción de este enfocada al contexto del producto que se desea definir. Se listan además qué aspectos de su trabajo le preocupan, qué problemas tiene y qué aspectos le producen satisfacción, tanto emocional como profesionalmente.


6.2.2. Mapa de valor

Para este caso, la sección de productos y servicios se rellena con un único elemento: un producto, una herramienta de prototipado en realidad virtual para plataformas 3DOF. El alcance de este proyecto solo cubre este producto y, además, no se detectan productos potenciales que encajen con esta propuesta que estén relacionados con este caso concreto.

Los aliviadores de frustraciones describen de manera exacta como el producto o servicio resuelve las frustraciones del cliente (Osterwalder et al., 2017). No es necesario ni viable cubrir todas las frustraciones del cliente, ni todas las posibles. La priorización de las frustraciones del cliente se realizó para centrarse ahora en aquellas frustraciones que son más extremas para los clientes, y poder solucionarlas lo mejor

posible. Los aliviadores de frustraciones del producto se listan en la Tabla 11, ordenados por aquellos que resuelven frustraciones de más extremas a más moderadas.


Tabla 11. Aliviadores de frustraciones del cliente en la propuesta de valor.

ALIVIADORES DE FRUSTRACIONES ESENCIALES	
	Poder explicar de forma fiel sus ideas inmersivas. ✓
	Poder utilizar el producto sin conocimientos de programación. ✓
	Poder probar sus soluciones. ✓
	Poder prototipar experiencias inmersivas antes de diseñarlas. ✓
	Ser más eficientes diseñando. ✓
	Agilizar su trabajo, al no tener que disponer de ordenador para realizar pruebas. ✓
	Poder utilizar gafas relativamente baratas para usar la herramienta. ✓
	Poder argumentar decisiones más allá de lo puramente visual, como distancias y tamaños. ✓
Herramienta simple y agradable de utilizar. ✓	
ALIVIADORES DE FRUSTRACIONES AGRADABLES	

Fuente: elaboración propia. Imagen de Osterwalder et al. (2017).

Los creadores de alegrías describen como los productos y servicios crean alegrías para el cliente (Osterwalder et al., 2017). Al igual que con los aliviadores de frustraciones, lo importante es conseguir las alegrías más relevantes y no las máximas posibles. En la Tabla 12 se listan los creadores de alegrías del producto ordenados por aquellos que producen beneficios más esenciales a más agradables.

Tabla 12. Creadores de alegrías del cliente en la propuesta de valor.

CREADORES DE ALEGRÍAS ESENCIALES	
	Se puede prototipar directamente solamente utilizando las gafas. ✓
	Disponer de mayores argumentos para justificar sus decisiones. ✓
	Poder hacer comprobaciones de visibilidad de elementos. ✓
	Precio asequible. ✓
	Tener más confianza en sus soluciones. ✓
	Integración con otras herramientas de diseño. ✓
ALIVIADORES AGRADABLES	

Fuente: elaboración propia. Imagen de Osterwalder et al. (2017).

6.2.3. Encaje

El encaje consiste en revisar uno a uno los aliviadores de frustraciones y los creadores de alegrías que el producto ofrece, y comprobar si encajan con algún trabajo, frustración o alegría del cliente (Osterwalder et al., 2017). Las marcas de verificación (✓) mostradas en las hipótesis anteriores diferencian aquellas que sí encajan con el producto de aquellas que no. Durante esta fase es importante revisar que los propios aliviadores de frustraciones y creadores de alegrías del producto encajan o no, ya que de no encajar con ninguna sección del perfil del cliente entonces no está aportando nada a la propuesta de valor. En este caso, todos tienen un encaje, pero no todos pueden satisfacer todas las hipótesis del perfil del cliente, como era de esperar.

Tras realizar el encaje y tener una visión global del lienzo, se pueden obtener los siguientes aprendizajes como conclusión:

- El cliente necesita prototipar y probar sus ideas para poder obtener las mejores soluciones. Si el cliente no tiene acceso a herramientas que le permitan hacerlo, le producirá frustraciones, y disponer de una le produciría alegrías. Las alegrías que proporcionaría esta herramienta serían consecuencias del simple hecho de poder prototipar mejor, ya que esto le permitirá poder enseñar y explicar mejor sus ideas, poder tener mayor criterio a la hora de definir y argumentar su diseño al tener cuenta tamaños y distancias que a través de una pantalla plana no puede definir. Este aspecto es la frustración más alta que tiene el cliente en esta propuesta de valor y es en la que hay que hacer más hincapié a la hora de definir el producto.
- El cliente no quiere gastar dinero de su bolsillo, por lo que optará principalmente por herramientas que les pueda facilitar su empresa. De tener que gastarse dinero, no querría una herramienta cara para poder prototipar ni

adquirir las mejores gafas por el alto coste que les puede suponer. Las plataformas 3DOF tienen un coste en el mercado inferior al de las plataformas 6DOF y tienen un precio asumible para el consumidor medio.

- El cliente dispone de un tiempo limitado y teme que sea demasiado escaso, por lo que la opción de aprender a programar para poder prototipar sus ideas le supone un coste de oportunidad muy alto. No solamente el tiempo juega como argumento en contra, sino que los conocimientos de programación necesarios para aprender los motores gráficos que se utilizan para este cometido son altos y pueden tener mucha dificultad para llegar a aprenderlos. Este aspecto produce mucha frustración al cliente y podría aliviarse de disponer de una herramienta que le permita ahorrarse este esfuerzo.
- El flujo de trabajo del cliente se ve ralentizado al existir tantas limitaciones que acompañan al diseño, y la productividad, eficiencia y experiencia en su ámbito son aspectos importantes para él. Prototipar de por sí agiliza el proceso de desarrollo de cualquier producto, por lo que tener facilidades para poder hacerlo incrementaría su eficiencia implícitamente, y, además, su profesionalidad, al aplicar las metodologías que se le recomiendan en su ámbito de trabajo. Por otra parte, la disponibilidad de esta herramienta en plataformas 3DOF actuales pueden ser una buena solución a este problema, al funcionar de forma autónoma y sin necesidad de un ordenador ni mayor configuración, por lo que de necesitar prototipar en algún momento le bastará con colocarse las gafas.
- El cliente también está interesado en realizar comprobaciones de visibilidad de elementos, lo cual forma parte de sus tareas al tener que tener en cuenta la accesibilidad de sus diseños. Por tanto, valoraría que la herramienta que utilice no se centrara únicamente en prototipado, sino que incluyera funcionalidades como tamaños o colores que pudieran permitirle en fases posteriores al prototipado comprobar si su diseño es accesible o no.
- El cliente valora positivamente que las aplicaciones y programas de diseño que utiliza en su día a día se integren entre ellas, porque considera que le permite ser más eficiente en su trabajo. Esto quiere decir que, para poder utilizar una herramienta, es un aspecto positivo el hecho de que el traspaso de información de una aplicación a otra se realice de la forma más automática posible, y no de forma manual, como es el caso de aplicaciones que no están integradas entre sí. El cliente, por tanto, encontraría un valor añadido en este producto si este aspecto puede cubrirse satisfactoriamente.

La metodología del lienzo de propuesta de valor hace hincapié en el hecho de que no es esta la propuesta definitiva, sino que habrá versiones futuras que evolucionen a partir de la que aquí está definida, y que esa evolución vendrá dada al probar los prototipos del producto que puedan surgir de esta propuesta. Con estos aprendizajes en mente y teniendo concretado dónde se aporta valor al cliente y dónde no, se puede empezar a definir la herramienta objeto de este trabajo, con la seguridad de que

aplicando esta metodología el riesgo de que el cliente no quiera el producto final se reduce. Esta metodología, por tanto, se acopla bien al proceso de *Design Thinking* que se está siguiendo a lo largo de este trabajo, en el que, una vez encontrados los problemas de los usuarios, se puede pasar a definir la herramienta, para posteriormente prototiparla, probarla y refinarla hasta alcanzar el producto final.

7. Definición e ideación de soluciones

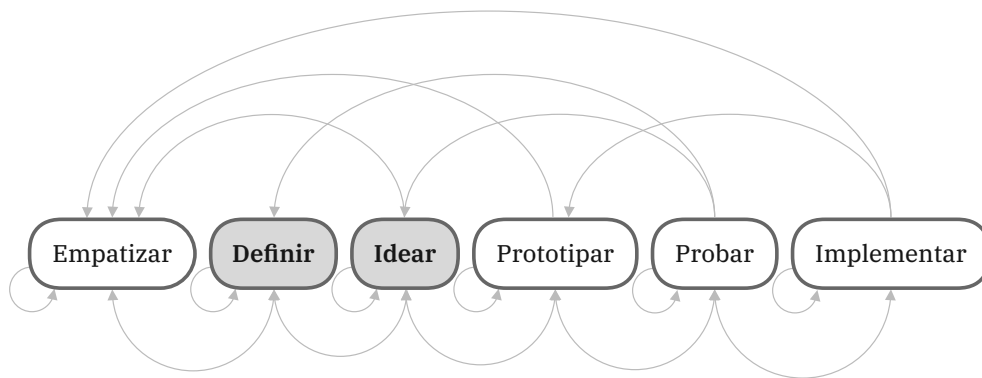


Figura 14. Metodología Design Thinking: Definir e Idear.
Elaboración propia a partir de Gibbons (2016).

Partiendo de los problemas encontrados en el apartado 6.2, es necesario concretizarlos para poder empezar a idear soluciones. Siguiendo la metodología *Design Thinking* (ver Figura 14), una vez se tengan identificados estos problemas, se puede empezar a idear, es decir, a listar ideas creativas que aborden las necesidades no satisfechas de los usuarios identificadas en la fase de definición, con total libertad y sin tener en cuenta su viabilidad (Gibbons, 2016). El objetivo es poder tener la mayor cantidad de soluciones posibles, para posteriormente valorarlas e incorporarlas al producto. A continuación, se enumerarán los problemas de los usuarios y se exponen las soluciones que se proponen para cada uno de ellos, mencionando a las Personas creadas en el apartado 6.1 en las funcionalidades que más les afectan.

- *El cliente necesita prototipar sus diseños.*

La aplicación contará tanto con funcionalidades básicas como con funcionalidades avanzadas, dando más importancia a las primeras tal y como se concluyó en el apartado 3.1.3. Las funcionalidades básicas que incluya la herramienta deberán permitir realizar prototipos de forma libre y personalizarlos lo máximo posible, para ofrecer la versatilidad que la herramienta necesita.

Las funcionalidades básicas que incluirá el producto serán:

1. Inserción de formas bidimensionales: cuadrados, círculos, triángulos, líneas rectas y polígonos personalizados.

2. Inserción de formas tridimensionales: cubos, esferas, pirámides y cilindros.
3. Inserción de textos personalizados.
4. Inserción de imágenes del usuario. Aumentará significativamente la versatilidad del prototipo, al poder servir de decoración, personajes, elementos de interfaz o cualquier otro uso que el usuario quiera darle.
5. Movimiento, escalado y rotación de los elementos de la escena.
6. Personalización de colores de los elementos, con la posibilidad de poder guardar colores para su uso regular. Personas como Marcos agradecerán disponer de un mayor control en la selección de colores, mientras que Personas como Carlota se conformarán con una selección parecida a las que conoce.
7. Copiado y pegado de los elementos de la escena.
8. Gestión de varias escenas, de forma que se puedan almacenar varios prototipos, con la posibilidad de renombrarlos, duplicarlos, eliminarlos y crearlos. Esta funcionalidad implica que debe existir persistencia de datos, ya que debe quedar almacenado el estado de la escena y de todos los elementos que contiene.
9. Posibilidad de deshacer y rehacer cambios hechos en la escena.

Las funcionalidades avanzadas que incluirá el producto serán:

1. Cambio de entorno de la escena – también llamado *Skybox* – para poder personalizar el espacio que rodea el usuario y contiene el propio prototipo. Esto tendrá que realizarse utilizando imágenes con formato de proyección equirectangular como se puede ver en la Figura 15, en la que una imagen esférica se representa de forma plana, manteniendo las referencias verticales de la imagen y el horizonte en el centro horizontal (Panotools, 2008). Para que la aplicación pueda proyectar la imagen alrededor del usuario, tendrá que proyectar la imagen equirectangular sobre una esfera, creando así una imagen 360°. Este formato está más extendido que otros formatos de imágenes 360° y es más fácil de conseguir, lo que facilitará la labor de búsqueda para incorporarlas a la aplicación.

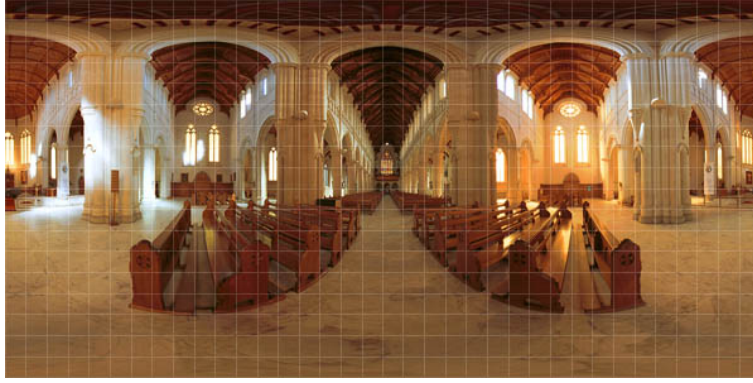


Figura 15. Ejemplo de imagen con proyección equirectangular aplicada. (Panotools, 2008)

2. Desplazamiento por la escena libremente para poder editar el prototipo desde cualquier parte y poder acercarse a los objetos lejanos para editarlos con mayor precisión. Personas como Marcos agradecerán poder tener mayor precisión en la edición.
3. Agrupación de elementos de la escena para poder moverlos, rotarlos y esca-
larlos al mismo tiempo.
4. Inserción de modelos tridimensionales importados desde Google Poly (2019b) un repositorio online gratuito de modelos tridimensionales sostenido por una gran comunidad de usuarios, en la que suben los modelos creados por ellos mismos. Los diseñadores con conocimientos de modelado 3D como Carlota agradecerán esta funcionalidad.
5. Etiquetado de elementos de la escena, de forma que se muestre un texto per-
sonalizado anclado al elemento de forma permanente para dejar cualquier co-
mentario o indicación que el usuario estime. Personas como Carlota podrán
dejar de perder el tiempo en detalles poniendo una etiqueta sobre una forma
indicando que tipo de objeto representa sin necesidad de modelar el objeto.
6. Escalado en milímetros de distancia independientes – *distance independent mi-
llimeters, dmm* – para poder acercar o alejar objetos manteniendo sus dimen-
siones en perspectiva. Los *dmm* fueron propuestos por Google en 2017
(McKenzie, 2017) como una medida para diseñar en realidad virtual de forma
consistente, ya que en tres dimensiones la profundidad de los objetos es algo
extra a valorar y no solo el tamaño de los objetos en altura y anchura. Ofrecer
esa posibilidad a la aplicación puede ser un aspecto diferencial, ya que nin-
guna de las aplicaciones analizadas en el apartado 3.1 incluía esta novedad.
Personas como Marcos agradecerán tener esta funcionalidad ya que está a la
orden del día en la comunidad de diseñadores de realidad virtual y deseará
poder ponerla en práctica.
7. Posibilidad de escritura por dictado de voz con IBM Watson (IBM, 2019). La
escritura en realidad virtual no es ágil y menos con un solo mando, por lo que

disponer de esta funcionalidad aumentará la comodidad de los usuarios y su eficiencia. Esta es otra funcionalidad que el resto de las aplicaciones analizadas no tienen. Personas como Carlota agradecerán poder dictar por voz en vez de escribir para ser más rápidas prototipando.

8. Posibilidad de ejecutar comandos de voz para invocar acciones utilizando IBM Watson. Esto agilizará las acciones del usuario al poder insertar elementos en la escena con su voz, modificarlos o deshacer y rehacer cambios. De nuevo, es una funcionalidad que el resto de las aplicaciones analizadas no tienen y puede ser muy diferencial. Personas como Carlota agradecerán el aumento en eficiencia que supone, y Personas como Marcos disfrutarán de la herramienta al ser la única herramienta de diseño que dispone de comandos de voz.

Existen otras funcionalidades que serán explicadas en los apartados siguientes para relacionarlas directamente con su problema original.

- *El cliente necesita poder enseñar su prototipo.*

La aplicación permitirá realizar un prototipo que el usuario podrá enseñar a otras personas colocándoles sus gafas para que lo puedan ver. Teniendo este caso de uso en cuenta, surgen tres funcionalidades:

1. Previsualización del prototipo en la que la edición de este quedará desactivada, para que el usuario pueda tocar, apuntar y pulsar lo que quiera sin tener miedo a cambiar el prototipo. Esta funcionalidad está incluida en los programas de diseño actuales y los usuarios estarán familiarizados con ella, por lo que no tendrán problema en utilizarla.
2. Posibilidad de hacer elementos interactivos, de forma que cuando el prototipo se esté previsualizando, al pulsar sobre un elemento el prototipo cambie. Al gestionar la herramienta distintas escenas, el usuario podrá vincularlas, de forma que al pulsar sobre un elemento se cambie a la escena que el usuario haya predefinido y se pueda navegar entre ellas por este sistema. De esta forma, el usuario podrá realizar prototipos más fieles al poder simular una navegación o cambios en la escena, cosa que Personas como Marcos agradecerán.
3. Posibilidad de cambiar la interacción con objetos en el modo visualización, alternando entre el uso del mando y de la mirada. Esta funcionalidad permitirá evaluar mejor las interacciones, pudiendo simular el uso del prototipo como si se utilizaran gafas que no dispongan de mando inalámbrico incorporado. La interacción con mirada permite al usuario interactuar con los elementos que tiene en el centro de su visión, seleccionando normalmente al posarse sobre estos durante unos pocos segundos (Google, 2017). Personas como Marcos agradecerán tener esta funcionalidad porque podrán simular con mayor fidelidad la experiencia que estén diseñando, y podrán evaluar mejor si las soluciones que proponen son las mejores o no.

- *El cliente quiere tener en cuenta tamaños y distancias.*

Durante la edición de los objetos se mostrará al usuario las diferentes medidas que tiene en las tres dimensiones posibles, además de la distancia a la que se encuentra el elemento del usuario. También se mostrarán guías de escala que ayuden al usuario a tener una idea de la escala con la que está trabajando, con una cuadrícula en el suelo de la escena. En este mismo suelo también se pintarán círculos concéntricos que indiquen las distancias radiales de los elementos al centro de la escena. Junto con estas guías se mostrarán otras que indiquen el grado de visibilidad de las gafas y las zonas ergonómicas recomendadas para experiencias de realidad virtual (Alger, 2015), lo que apoyará a los usuarios en sus decisiones de diseño, lo que Personas como Marcos agradecerán al poder mejorar sus argumentos a la hora de justificar sus diseños. Estas guías no son más que grados con centro en el usuario que limitan zonas más o menos ergonómicas para el usuario, las cuales se pueden ver en la Figura 16.

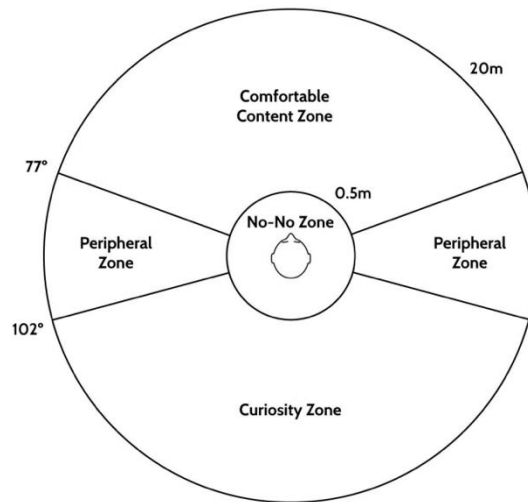


Figura 16. Diagrama de zonas ergonómicas para experiencias en realidad virtual. (Alger, 2015)

Las cuatro zonas que se muestran en la Figura 16 se corresponden con la *No-No Zone*, en la que no es recomendable posicionar elementos por encontrarse demasiado cerca del usuario; la *Comfortable Content Zone* en la que se recomienda colocar el contenido principal ya que el cuello del usuario no sufre al tener que mirar dentro de esta zona; la *Peripheral Zone*, en la que el cuello del usuario empieza a sufrir y en la que no es recomendable ubicar elementos de uso regular; y la *Curiosity Zone*, en la que el usuario debe mover su cuerpo para poder verla, en la que se recomiendan incluir elementos que vean los usuarios curiosos por el entorno que les rodea (Alger, 2015).

- *El cliente no quiere pagar mucho por el producto (de tener que hacerlo).*

El precio del producto es una decisión de *marketing* que tiene en cuenta la opinión de los usuarios, pero no forma parte del prototipado. El precio se define en el apartado 14.4.

- *El cliente no quiere programar.*

El uso de la propia herramienta evitará que el usuario tenga que utilizar motores gráficos ni programar, por lo que la propia herramienta es la solución. Aún así, es importante remarcar que la aplicación debería ser fácil de usar, intuitiva y no utilice un lenguaje técnico que requiera conocimientos específicos de la materia. Como única funcionalidad en este aspecto se incluye la existencia de ayudas y tutoriales iniciales que guíen al usuario en la utilización de la herramienta. Las Personas como Carlota agradecerán especialmente que se tenga en cuenta su poco conocimiento técnico en la materia, además de que Personas como Marcos tampoco saben programar.

- *El cliente quiere ser eficiente.*

Es necesario incluir funcionalidades que puedan agilizar el flujo de trabajo del usuario mientras se encuentra prototipando, un aspecto muy importante para Personas como Carlota.

1. Utilizar un servicio en la nube para realizar la importación de imágenes. Se impide así que el usuario tenga que acceder a la memoria del dispositivo desde un ordenador y podrá subir a una plataforma aquellas imágenes que luego aparecerán disponibles dentro de la herramienta, listas para su importación. Como servicios en la nube se pueden incluir Dropbox (2019), Google Drive (Google, 2018b), u otras herramientas de prototipado, como son Marvel (2019a) e Invision (2019). Personas como Carlota agradecerán la integración con estos servicios al no tener que instalarse ni aprender a utilizar programas nuevos.
2. La importación de modelos directamente desde Google Poly evitará que el usuario tenga que modelar objetos *ad hoc* para incluirlos en su escena, pudiendo utilizar la gran cantidad de modelos existentes en la plataforma. Al ser un servicio en la nube, de la misma forma que la anterior funcionalidad, el usuario podrá subir a este servicio aquellos modelos que no estén disponibles para poder incluirlos en las escenas. Como se dijo anteriormente, Personas como Carlota que saben modelar en 3D agradecerán tener esta posibilidad, además de utilizar un servicio respaldado por Google, por lo que no tendrá que crearse una nueva cuenta en un servicio que desconoce.
3. La inclusión de dictado de voz a texto y los comandos de voz para realizar acciones también son funcionalidades que agilizarán el uso de la herramienta.

- *El cliente quiere probar la accesibilidad de sus diseños.*

La personalización de colores de las formas y los textos permitirá al usuario realizar pruebas de visibilidad y legibilidad, ya que los colores son un aspecto importante a la hora de diseñar ya que aparte de que pueden existir usuarios con alguna discapacidad visual, la exposición a colores muy brillantes en pantallas digitales puede causar fatiga ocular, lo que puede afectar al tiempo de uso de la aplicación. La capacidad de modificar el tamaño de los textos también servirá para comprobar su legibilidad, a la vez que se puede jugar con la distancia a la que se

encuentran, ya que los píxeles de la pantalla que se amplían a través de las lentes de las gafas pueden no ser suficientes para renderizar bien los textos si no se tiene en cuenta su tamaño y distancia. Personas como Marcos agradecerán un mayor control sobre estos aspectos al poder tener mayor seguridad de que sus soluciones son las mejores posibles y que han sido probadas a su gusto.

- *El cliente quiere integraciones con herramientas de terceros que utilice en su día a día.*
Un diseñador de realidad virtual utiliza herramientas de diseño tridimensionales, para modelar los objetos de sus escenas, y bidimensionales, para diseñar la interfaz de usuario de sus aplicaciones. Las herramientas con las que podría integrarse el producto son las siguientes:
 1. Herramientas de diseño plano como Sketch (2019) o Figma (2019), los dos programas de diseño más utilizados en la actualidad (Palmer, 2018). La integración puede consistir en un complemento a estos programas que puedan exportar los diseños creados para que estén disponibles directamente en la aplicación listos para incluirlos en las escenas. Los diseños tendrían que ser incluidos como imágenes al tratarse de diseños planos. La existencia de un complemento evitaría la necesidad de tener que exportar sus diseños, para tener que utilizar otro servicio para incluirlos en la herramienta, pudiendo automatizar este flujo directamente. Las Personas como Marcos o Carlota utilizan Sketch como su programa principal.
 2. Herramientas de prototipado como Marvel o Invision, en las que se incluyen los diseños planos que se realicen con otros programas y se construyen prototipos interactivos conectando las distintas pantallas que componen el diseño, de forma que se pueda simular un uso real, cosa que no puede hacerse con imágenes estáticas. Estas herramientas forman parte de los programas esenciales para los diseñadores de interfaces y ya están integrados con herramientas de diseño. A la vez, sirven como repositorio de imágenes, ya que los diseños se almacenan en sus servidores. La integración con estas herramientas puede solucionar varios problemas con una sola funcionalidad, ya que las imágenes a utilizar en la aplicación pueden subirse a esta plataforma en la nube, las herramientas de diseño automatizan esta subida directamente desde sus programas, y a la vez, evita tener que lidiar con tipos de archivos de imagen, ya que la propia herramienta se encarga de convertir todas las imágenes a JPEG. Sumado a que son herramientas muy utilizadas entre los diseñadores y que las aplicaciones analizadas en el apartado 3.1 no se integran con estas, puede ser una funcionalidad muy diferencial. Tanto Marcos como Carlota utilizan InVision y Marvel para sus prototipos, y Personas como Carlota agradecerán no tener que aprender un programa nuevo para usar la herramienta.
 3. La integración con Google Poly permitirá a los usuarios subir sus modelos y utilizar los modelos ya creados por la comunidad de usuarios.

Tabla 13. Resumen de funcionalidades ideadas.

FUNCIONALIDAD	EXPLICACIÓN
Formas 2D	Insertar en la escena cuadrados, círculos y triángulos.
Formas 3D	Insertar en la escena cubos, esferas y cilindros.
Etiquetado	Anclar sobre un objeto un texto personalizable.
Guías ergonómicas	Mostrar en el suelo de la escena información sobre las distintas zonas ergonómicas que existen en realidad virtual y que hay que tener en cuenta en diseño.
Previsualización	Desactivar las interacciones para probar el prototipo sin miedo a cambiar los elementos de la escena.
Textos	Insertar textos personalizables en la escena.
Imágenes	Insertar imágenes propias en la escena.
Dictado de voz a texto	Escribir un texto utilizando la voz a través del micrófono del dispositivo.
Integración con herramientas de prototipado	Facilitar el flujo de información entre las herramientas de prototipado más comunes y la aplicación.
Colores	Personalizar el color de un objeto de la escena.
Google Poly	Insertar modelos de Google Poly en la escena.
DMM	Alejar o acercar un objeto manteniendo sus proporciones visuales al tener en cuenta la perspectiva y la distancia entre el objeto y el usuario.
Guías de escala	Mostrar en el suelo de la escena una cuadrícula que permita tener referencias de tamaños.
Ayudas y tutoriales	Mostrar a usuario tutoriales al iniciar la aplicación por primera vez y ayudas durante el uso de la aplicación.
Movimiento y transformación	Mover un objeto libremente y cambiar su escala y rotación.
Cambio entre puntero y mirada	Interactuar con un objeto de la escena por medio del puntero proyectado desde el mando o utilizando solamente la mirada del usuario.
Integración con herramientas de diseño	Facilitar el flujo de información entre las herramientas de diseño más comunes y la aplicación.
Cambio de entorno	Personalizar el entorno de la aplicación por medio de una imagen 360°.
Desplazamiento	Permitir el teletransporte a cualquier punto de la escena al que el usuario apunte.
Comandos de voz	Ejecutar acciones al pedir las en voz alta.
Interacciones	Definir el comportamiento de los objetos de la escena al interactuar con ellos.
Copiado y pegado	Replicar un objeto ya creado.
Agrupación de objetos	Juntar objetos distintos y tratarlos como uno solo.
Gestión de escenas y persistencia	Disponer de varias escenas para prototipar y poder guardar el estado y contenido de estas.
Deshacer y rehacer	Deshacer un cambio aplicado o rehacer un cambio deshecho.

Fuente: elaboración propia.

Definidas las funcionalidades del producto, las cuales se resumen en la Tabla 13, el siguiente paso es empezar a construir el prototipo, lo que permitirá detallar aún más estas funcionalidades. También se valorará descartarlas, para los casos en los que no puedan realizarse con la tecnología utilizada, por su incompatibilidad con otras funcionalidades o por el propio alcance de este proyecto. Este último motivo será inevitable, ya que para preparar el primer prototipo no será necesario incluir todas las funcionalidades, sino aquellas que hagan útil a la aplicación y merezca la pena probar con usuarios en esta primera fase. Al ser *Design Thinking* una metodología cíclica, los prototipos irán aumentando de tamaño con cada ciclo a medida que avance el tiempo del proyecto, y los resultados de las pruebas con usuarios se aplicarán a cada ciclo siguiente para aplicar mejoras. Por este motivo, las funcionalidades están abiertas a cambios proporcionados por los usuarios y a ser incorporadas en fases posteriores a la actual.

8. Prototipado de la solución

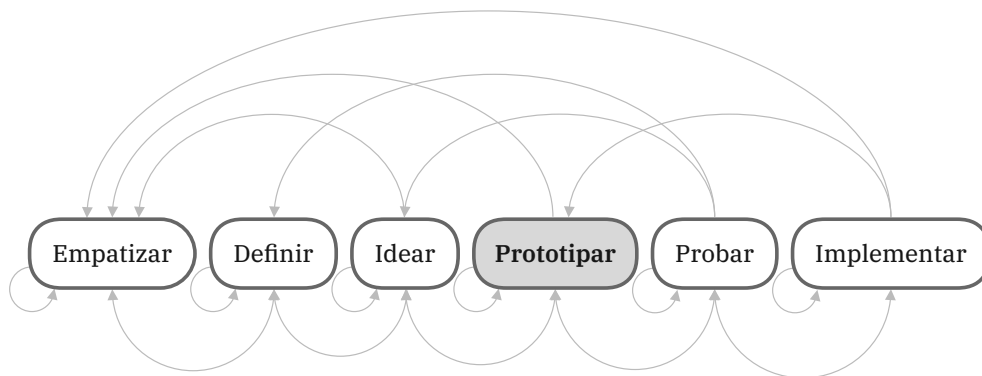


Figura 17. Metodología *Design Thinking*: Prototipar. Elaboración propia a partir de Gibbons (2016).

El objetivo de esta fase es evaluar qué ideas definidas en la fase anterior funcionan y cuáles no, tanto por impacto como por viabilidad, refinando los prototipos a medida que se va obteniendo el *feedback* de los usuarios (Gibbons, 2016). Un prototipo se define como una representación limitada de un diseño que permite al usuario interactuar con él y explorar si es adecuado (Preece, Rogers, y Sharp, 2011). Según Brown (2019), padre del *Design Thinking*, el objetivo del prototipado es dar forma a las ideas para identificar tanto sus fuerzas como sus debilidades, para poder desarrollar posteriormente prototipos más detallados con las ideas revisadas y refinadas. Es por esto por lo que el alcance de un prototipo debe estar limitado, para evitar tener que invertir más tiempo y esfuerzo del necesario en su creación, ya que se necesitará crear prototipos que permitan evaluar las ideas que sean más útiles en cada etapa y puedan aportar el mejor *feedback* por parte de los usuarios.

En este trabajo no solo se pretende desarrollar el producto, sino que se quiere crear un modelo de negocio alrededor del mismo que permita obtener ingresos con su venta. Con una primera versión de un prototipo tal y como se entiende en la metodología *Design Thinking*, sería impensable ofrecerlo a la venta. Es por esto por lo que es

necesaria una adaptación que sea compatible con la metodología que se está siguiendo. Ries, creador de la metodología *Lean Startup* (Ries, 2011), define el mínimo producto viable (MVP) como la versión de un producto nuevo que permite recoger la mayor cantidad de aprendizaje de los clientes con el menor esfuerzo posible (Ries, 2009). Este aprendizaje debe ser validado de forma que el producto minimice los riesgos clave del negocio. Además, el producto debe ser viable, lo que implica que debe estar preparado para la salida al mercado, debe tener potencial éxito en su salida y debe estar acotado a las capacidades y recursos que se disponen para su desarrollo. El concepto de MVP encaja con la fase actual de *Design Thinking*, ya que con el primer prototipo se pretende evaluar aquellas ideas que puedan aportar el mejor *feedback* de los usuarios, con el añadido de que el MVP incrementará el tamaño de este primer prototipo para adaptarlo a las necesidades de los clientes, incluyendo un mayor número de funcionalidades, pero asegurándose de que entran dentro del alcance del proyecto.

La metodología *Design Thinking* es flexible (Gibbons, 2016), está creada para poder variar su proceso y adaptarla a las necesidades de cada proyecto. Sus fases se pueden reordenar y repetir según se necesite, y en este caso será necesario. La metodología sugiere que, tras realizar el prototipo, se realicen pruebas de este con los usuarios y se itere, para finalmente implementar el producto y volver a empezar con nuevas observaciones. El prototipado en realidad virtual es uno de los problemas que aborda este trabajo y, por falta de recursos, no se van a poder utilizar herramientas de prototipado existentes en plataformas 6DOF. El prototipado podría realizarse en papel y después diseñarse en pantallas planas, pero al no poder probarse estos diseños de forma inmersiva y con un mando, el prototipo sería insuficiente, por lo que no habrá más alternativa que tener que implementar la aplicación a medida que se va diseñando. Por esto el prototipado en realidad virtual es costoso, ya que requiere de personas que sepan programar con sus motores gráficos y disponer de las herramientas para hacerlo.

El proceso a partir de ahora será realizar el prototipo a la vez que se va implementando, diseñando una a una las funcionalidades a la vez que se implementan para probarlas en un prototipo. Esto permitirá evaluar las soluciones a medida que se diseñan, además de ver si es viable o no implementarlas, tanto por limitaciones de tecnología como por alcance del proyecto, ya que será en esta fase donde el alcance se defina. Por tanto, las pruebas con usuarios se harán una vez se haya finalizado la implementación de la aplicación y no al revés como sugiere la metodología original.

8.1. Alcance del prototipo

En la primera fase del prototipo se pretende conseguir un producto que funcione y que pueda proveer de suficientes observaciones de usuarios para aplicar los cambios y mejoras necesarios. El objetivo no es conseguir un producto final, sino un mínimo producto viable, que pueda estar preparado para una salida al mercado. Una vez definida la lista de funcionalidades que pueden solucionar los problemas de los usuarios y aportarles valor en el apartado 7, es necesario evaluar si estas pueden entrar dentro del alcance de este proyecto.

8.1.1. Evaluación de la prioridad

Para decidir qué funcionalidades entran dentro del alcance, cuáles no y cuáles pueden posponerse a fases futuras se han tenido en cuenta cuatro aspectos:

1. El tiempo que se dispone para realizar el prototipo es desde el mes de octubre de 2018 – una vez finalizada la formación en Unity (2019c) – hasta el mes de junio, fecha de entrega de este trabajo. La dedicación, sin embargo, no puede ser total. La realización de este trabajo se ha compatibilizado con un trabajo a media jornada, junto con clases universitarias en los meses finales de 2018 y enero. Además, se tenían que reservar dos meses y medio para la redacción de este documento, por lo que el tiempo real de desarrollo es mucho menor. El tiempo que puede llevar desarrollar una funcionalidad será importante para decidir si se debe realizar en esta primera fase o no.
2. No se dispone de un nivel avanzado de conocimientos de Unity, sino de aquellos conocimientos obtenidos por cursos, ayudas y tutoriales online realizados previamente al comienzo del proyecto. El desarrollo de ninguna de las funcionalidades planteadas es evidente de antemano, por lo que será necesario invertir tiempo en aprender cómo realizarlas. Además, el desarrollo será llevado a cabo por una única persona y no un equipo como en las aplicaciones competidoras. Por tanto, se tendrá en cuenta para incluir una funcionalidad en el alcance la dificultad que conlleve desarrollarla.
3. El valor que aporta al cliente final depende de si la funcionalidad nace directamente de sus necesidades o son funcionalidades añadidas. Se tendrá en cuenta la valoración de frustraciones y alegrías realizada en el apartado 6.2 para evaluar el valor que aportan.
4. Las funcionalidades podrán o no aportar un valor diferencial a la aplicación, que permita tener una ventaja sobre las aplicaciones competidoras. Si la funcionalidad es diferencial o no se valorará muy positivamente y será un factor decisivo a la hora de priorizar funcionalidades.
5. La dependencia entre las funcionalidades afecta a su priorización, ya que puede ocurrir que para que una funcionalidad pueda existir, otra debe existir previamente, por lo que será necesario realizar unas funcionalidades antes que otras. El hecho de eliminar o retrasar una funcionalidad también afecta a las que dependan de ella.

A cada uno de estos aspectos se les ha dado un peso que permita generar una puntuación final de cada funcionalidad aplicando valores numéricos a cada uno de los aspectos. El tiempo de desarrollo del prototipo es más importante que la dificultad que pueda conllevar, ya que el tiempo es escaso y es un factor más decisivo. Sin embargo, el producto se está desarrollando para adaptarse al gusto del cliente, por lo que el valor que le pueda aportar debe ser más importante, más aún si la funcionalidad es

diferencial, ya que no solo aporta valor al cliente, sino que aporta valor al negocio. En base a esto, las valoraciones posibles y los pesos de estos aspectos son los siguientes:

- Dificultad (Dif.): se valorará una dificultad baja con un 1, una dificultad media con un 2 y una dificultad alta con un 3. Tendrá un peso del 30%.
- Tiempo (Tie.): se valorará un tiempo bajo con un 1, un tiempo medio con un 2 y un tiempo alto con un 3. Tendrá un peso del 60%.
- Valor (Val.): se valorará un valor bajo con un 1, un valor medio con un 2 y un valor alto con un 3. Tendrá un peso del 80%.
- Ventaja (Ven.): se valorará si la funcionalidad es diferencial y aporta una ventaja sobre sus competidores con un 1 y con un 0 si no. Tendrá un peso del 100%.

La valoración de cada funcionalidad se puede ver en la Tabla 14, en la que aparecen listadas las funcionalidades de mayor a menor puntuación obtenida, junto con la dependencia (Depend.) que existe entre un grupo de funcionalidades.

Tabla 14. Valoración de prioridad de las funcionalidades propuestas.

FUNCIONALIDAD	DEPEND.	DIF.	TIE.	VAL.	VEN.	PUNTOS
Etiquetado	A	1	1	2	1	1,70
Guías ergonómicas	—	1	1	2	1	1,70
Formas 2D	A	1	1	3	0	1,50
Formas 3D	A	1	1	3	0	1,50
Previsualización	B	1	1	3	0	1,50
Textos	A	2	1	3	0	1,20
Imágenes	C y A	2	1	3	0	1,20
Dictado de voz a texto	D	1	2	2	1	1,10
Integración con herramientas de prototipado	C	2	3	3	1	1,00
Colores	A	1	2	3	0	0,90
Google Poly	A	1	2	3	0	0,90
DMM	A	2	2	2	1	0,80
Guías de escala	—	1	1	2	0	0,70
Ayudas y tutoriales	E	2	2	3	0	0,60
Movimiento y transformación	A	3	2	3	0	0,30
Cambio entre puntero y mirada	B	1	2	1	1	0,30
Integración con herramientas de diseño	—	2	3	2	1	0,20
Cambio de entorno	C	1	2	2	0	0,10
Desplazamiento	—	2	2	2	0	-0,20
Comandos de voz	D	3	2	1	1	-0,30
Interacciones	B y E	3	2	2	0	-0,50
Copiado y pegado	E	2	2	1	0	-1,00
Agrupación de objetos	E	2	2	1	0	-1,00
Gestión de escenas y persistencia	E	3	3	2	0	-1,10
Deshacer y rehacer	E	2	3	1	0	-1,60

Fuente: elaboración propia.

8.1.2. Priorización de funcionalidades

Las dependencias que aparecen en la Tabla 14 muestran grupos de funcionalidades que se ven afectadas entre ellas por una funcionalidad concreta, las cuales se comentan en los siguientes puntos:

- *Dependencia A.*

Se corresponde con la mayoría de las funcionalidades básicas. La dependencia se da en las funcionalidades de movimiento y transformación de objetos, de cambio de color y de escalado en *dmm*, ya que no se pueden dar si no existen elementos en la escena. Si bien entre estos elementos no existe dependencia, sí existe una entre las funcionalidades antes enumeradas y estos elementos. Las funcionalidades que incluye esta dependencia tienen una prioridad alta, por lo que no se valora descartar ninguna de ellas. El movimiento y transformación de objetos es la funcionalidad con menor puntuación de este grupo, pero su funcionalidad es tan básica y necesaria para prototipar que no se puede descartar, por mucho que tenga una dificultad y un tiempo altos. El escalado en *dmm* es la segunda funcionalidad con peor puntuación, y como las demás son más prioritarias, se desarrollará en una segunda fase del prototipado para poder distribuir mejor los recursos.

- *Dependencia B.*

Se corresponde con las funcionalidades relacionadas con la previsualización. La dependencia existe en la funcionalidad del cambio entre puntero del mando y mirada para realizar las interacciones y la propia funcionalidad para establecer interacciones en los elementos, ya que ambas dependen de la existencia de la previsualización. Dado que las interacciones tienen muy poca prioridad no se van a realizar en esta primera fase. Esto implica que la funcionalidad del cambio entre el puntero y el mando y la mirada para interactuar tampoco se realizará. La previsualización, en cambio, dispone de una buena puntuación por lo que sí se va a realizar.

- *Dependencia C.*

Se corresponde con las funcionalidades relacionadas con las imágenes. Como se especificó en la definición de la funcionalidad de integración con herramientas de prototipado, estas herramientas sirven de repositorio de imágenes al poder subir a su plataforma en la nube las imágenes que el usuario quiera. Estas herramientas, a la vez, están integradas con herramientas de diseño, por lo que será suficiente integrar la aplicación a desarrollar con herramientas de prototipado. De esta manera se cubrirán ambos casos de uso, de forma indirecta para las herramientas de diseño, funcionalidad que se descartará. Además, la funcionalidad de imágenes y de cambio de entorno dependen de que exista un servicio en la nube para subir las imágenes, por lo que la integración con herramientas de prototipado tendrá que realizarse, además de proporcionar un valor diferencial a la herramienta. El cambio de entorno no tiene una prioridad alta, pero al tener poca dificultad y utilizar el mismo sistema que las imágenes, se realizará ya que no supondrá un esfuerzo significativo. En cuanto a qué herramienta de prototipado integrar, InVision es la más utilizada por un 19,43% de usuarios (Palmer, 2018), pero no dispone de una API pública que pueda servir para realizar integraciones con aplicaciones (Vanderkolk, 2018), por lo que es necesario tener acceso a ella de forma privada. La siguiente herramienta de prototipado con plataforma de imágenes en la nube más utilizada es Marvel, por un 4,64% de usuarios (Palmer, 2018), y sí dispone de una API pública para integraciones (Marvel, 2019b), por lo que Marvel será la herramienta que se utilice en este prototipo.

- *Dependencia D.*

Se corresponde con las funcionalidades que surgen de la integración con IBM Watson. La funcionalidad de los comandos de voz depende de que exista un dictado de voz a texto en la aplicación, por lo que no podrá realizarse si no está antes implementada. De todas formas, los comandos de voz no son prioritarios por lo que no se van a realizar en esta primera fase. El dictado de voz a texto, en cambio, tiene una prioridad alta, y además aporta un valor diferencial, por lo que merecerá la pena desarrollarlo.

- *Dependencia E.*

Se corresponde con las funcionalidades que necesitan de la gestión de escenas y la persistencia de datos para poder realizarse. La gestión de escenas no tiene una prioridad alta en esta primera fase, por lo que de momento no se va a realizar. Esto afecta al resto de funcionalidades que dependen de ella, que se corresponden con las funcionalidades con menor prioridad de la lista. Las ayudas y tutoriales son importantes, pero no se van a realizar en esta primera fase por el mismo motivo.

En cuanto a las funcionalidades que no tienen dependencias, la inclusión de guías ergonómicas es la segunda funcionalidad con mayor puntuación de todas, por lo que tendrá que realizarse en una primera fase del prototipado. Como esta funcionalidad va muy ligada a las guías de escala, y su implementación se estima con dificultad y tiempo bajos, también se realizará junto a esta, aunque no tenga una puntuación alta. El desplazamiento es la última funcionalidad que queda por comentar y dispone de una puntuación negativa, por lo que no es prioritaria y pasará a desarrollarse en la segunda fase del prototipado.

Analizando las prioridades se puede dividir el desarrollo de las funcionalidades en dos fases, quedando solo una funcionalidad fuera del alcance, como se muestra en la Tabla 15, junto con el listado de funcionalidades que se incluyen en cada fase.

Tabla 15. Resumen de funcionalidades y alcance del prototipo.

PRIMERA FASE	SEGUNDA FASE	DESCARTADAS
Etiquetado	Desplazamiento	Integración con herramientas de diseño
Guías ergonómicas	DMM	
Formas 2D	Ayudas y tutoriales	
Formas 3D	Cambio entre puntero y mirada	
Previsualización	Comandos de voz	
Textos	Interacciones	
Imágenes	Copiado y pegado	
Dictado de voz a texto	Agrupación de objetos	
Integración con herramientas de prototipado	Gestión de escenas y persistencia	
Colores	Deshacer y rehacer	
Google Poly		
Guías de escala		
Movimiento y transformación		
Cambio de entorno		

Fuente: elaboración propia.

La primera fase será la que se documente y desarrolle en este proyecto, pero el mínimo producto viable estará preparado una vez las dos fases de prototipado estén terminadas. De esta manera, el plan de negocio que se realizará en este trabajo se hará en base al producto que cuenta con las funcionalidades de la primera fase y la segunda. Incluir dos fases de prototipado cambia una vez más el proceso de *Design Thinking*, por lo que habrá establecer dos ciclos de diseño, prototipado y pruebas de usuario hasta que el mínimo producto viable esté definido.

8.1.3. Plataforma 3DOF a utilizar

Por último, es necesario definir el alcance a nivel de plataformas en las que se desarrollará el prototipo. Según el estudio de mercado de 2017 de SuperData (2018), una compañía de Nielsen encargada de recolectar y ofrecer datos cuantitativos y cualitativos de contenidos digitales, las ventas de las gafas de realidad virtual PlayStation VR superaron a principios de 2018 las ventas de Samsung Gear VR, que era líder en el mercado hasta entonces, con unas unidades vendidas anuales a lo largo de 2017 de 3,7 millones frente a los 1,7 millones de unidades anuales de las PlayStation VR. Las Google Daydream, tuvieron unas ventas anuales de 200 mil unidades, por lo que tuvieron poco éxito en comparación a su principal rival, las Samsung Gear VR.

En el estudio de mercado del año 2018 de SuperData (2019a) ya no se incluyeron datos sobre las ventas de las Google Daydream, dado su poco éxito y su abandono por parte de Google en cuanto a novedades. Desde su lanzamiento en mayo de 2018, las Oculus Go han tenido unas ventas anuales de 1 millón de unidades. Su aparición en el mercado provocó una leve disminución de las ventas de las Samsung Gear VR, al no necesitar estas de un teléfono móvil para utilizarlas. Mientras las ventas de las Samsung Gear VR se mantenían estancadas, las ventas de Oculus Go presentaban incrementos, especialmente significativos a final de año. El mercado de realidad virtual ha tenido en el último cuatrimestre un crecimiento de ingresos del 30%, incitado por las ventas de PlayStation VR y Oculus Go las pasadas fiestas navideñas, en las que consiguieron 700 mil y 555 mil unidades vendidas respectivamente (SuperData, 2019b). Las Samsung Gear VR mantuvieron su estancamiento cercano a las 150 mil unidades vendidas.

Las plataformas 3DOF a las que habrá que enfocarse serán por tanto las Oculus Go principalmente y las Samsung Gear VR. Las Google Daydream no se tendrán en cuenta dada la poca masa de consumidores que tienen en comparación, además de utilizar sistemas distintos. Si bien las Oculus Go están teniendo buenas ventas en los últimos cuatrimestres, el éxito de las Samsung Gear VR durante el 2017 y su permanencia como alternativa en 2018 permite tener una gran base de potenciales consumidores, ya que, aunque no se compren actualmente estas gafas, muchos ya disponen de ellas. El desarrollo en ambas plataformas es idéntico ya que utiliza el mismo kit de desarrollo (SDK) de Oculus, por lo que desarrollar una aplicación para una plataforma permite al mismo tiempo tenerla disponible en la otra. Las gafas que se disponen para desarrollar este proyecto son las Samsung Gear VR, por lo que el prototipo se realizará con estas gafas, aunque el mínimo producto viable finalmente estará disponible en ambas plataformas.

8.2. Arquitectura de información

El *Information Architecture Institute* define la arquitectura de información como la práctica de decir como organizar las partes de algo para que sea entendible, ayudando a las personas a encontrar aquello que buscan, tanto en el mundo real como en internet (Information Architecture Institute, 2018). La arquitectura de información se define tras la fase de definición, que es cuando se conocen las funcionalidades del producto, y al comienzo de la fase de prototipado, que es cuando se empieza a dar forma a estas funcionalidades (FUOC, 2017a). El objetivo de esta práctica para el caso concreto del producto a desarrollar es principalmente el definir la navegación de la aplicación y el etiquetado de las distintas opciones.

La técnica que se ha utilizado para definir esta arquitectura es el *card sorting*, que consiste en la ordenación y clasificación de un conjunto de tarjetas que se han definido previamente incluyendo la información que se quiere categorizar (FUOC, 2017c). Se utiliza esta técnica porque además de ser rápida y económica, permite tener una visión global de todo el contenido, y permite reestructurar la información de forma fácil. En este caso, cada tarjeta contendrá una funcionalidad, y se incluirán todas las

funcionalidades incluidas en el alcance y no solo las que pertenecen a la primera fase del prototipo. Es necesario contar con toda la información de la que se dispone para poder organizarla de la mejor forma, aunque no se utilicen en la fase actual, porque de no hacerlo así, posteriormente se añadirían funcionalidades y es muy probable que hubiera que hacer cambios en la arquitectura resultante.

Con toda la información en tarjetas se tendrá definido el inventario de contenidos de la arquitectura, el cual hay que agrupar y etiquetar hasta llegar a una arquitectura lo más adecuada posible. Durante la agrupación de contenidos se tendrán presentes los estudios de psicología realizados alrededor del número siete que desencadenó la publicación del estudio de Miller (1956) en el que afirmaba que la capacidad cognitiva inmediata de los seres humanos tenía un límite de 7 piezas de información, con un rango de variación de ± 2 piezas de información, siendo mejor cuantas menos existan. Miller (1956) no define el significado de piezas de información como tal en su trabajo, pero sí lo hace a través de ejemplos. Una pieza de información para Miller (1956) sería la cantidad de datos que puede manejar una persona en su memoria inmediata y esta cantidad depende del conocimiento que tenga la persona de la información que maneja. Por ejemplo, memorizar palabras en un idioma extranjero desconocido dividiría una sola palabra en sílabas o sonidos, siendo cada uno de estos una pieza de información distinta. En cambio, memorizar palabras en un idioma conocido permite que cada palabra sea una pieza de información distinta. Lo mismo puede pasar al memorizar números, por ejemplo, el 150, donde el primero podría corresponder a tres piezas de información o solo una dependiendo de la persona. Si bien Miller (1956) reconoce en su trabajo que el número 7 es un número puesto deliberadamente, sus resultados y los posteriores estudios psicológicos alrededor del tema afirman la existencia de este límite. La agrupación de contenidos en base a esta regla permitirá tener una navegación con una carga cognitiva eficiente para el usuario, en la que no le suponga un gran esfuerzo tomar decisiones ni memorizar las opciones y su ubicación.

Como dice FUOC (2017a), tras agrupar los contenidos es necesario definir tres cuestiones: las opciones que aparecerán en los elementos de navegación y su orden, la jerarquía de los contenidos y la terminología a utilizar para identificar los diferentes contenidos. Los resultados del *card sorting*, junto con estas tres cuestiones se definirán en los siguientes apartados.

8.2.1. Menú de herramientas

El menú de herramientas de la aplicación se corresponderá con el menú que contiene las funcionalidades que estarán a primer nivel, y desde el cual se podrán realizar todas aquellas que modifiquen la escena. La estructura de las funcionalidades que se incluirán en el menú principal se muestra en la Figura 18, en la que se puede observar que el menú de herramientas dispone de un máximo de tres niveles de navegación. El primer nivel se corresponde con las principales acciones que se pueden realizar mientras se edita la escena: añadir un objeto, deshacer o rehacer un cambio, previsualizar el prototipo, desplazarse a otro punto de la escena y guardar los cambios. El segundo nivel se corresponde con la lista de posibles objetos que se pueden añadir a la escena para que el usuario seleccione el tipo que desee. El tercer nivel se da en las categorías

de formas bidimensionales y tridimensionales, permitiendo concretizar el tipo de forma a añadir. En este menú, el número máximo de opciones que se pueden dar es de seis, por lo que el número de opciones se mantiene en un rango adecuado. El etiquetado de las opciones del menú se ha elegido para ser lo más identificativo y corto posible, ya que cuanto más largos sea su nomenclatura más difícil será reconocerlos.

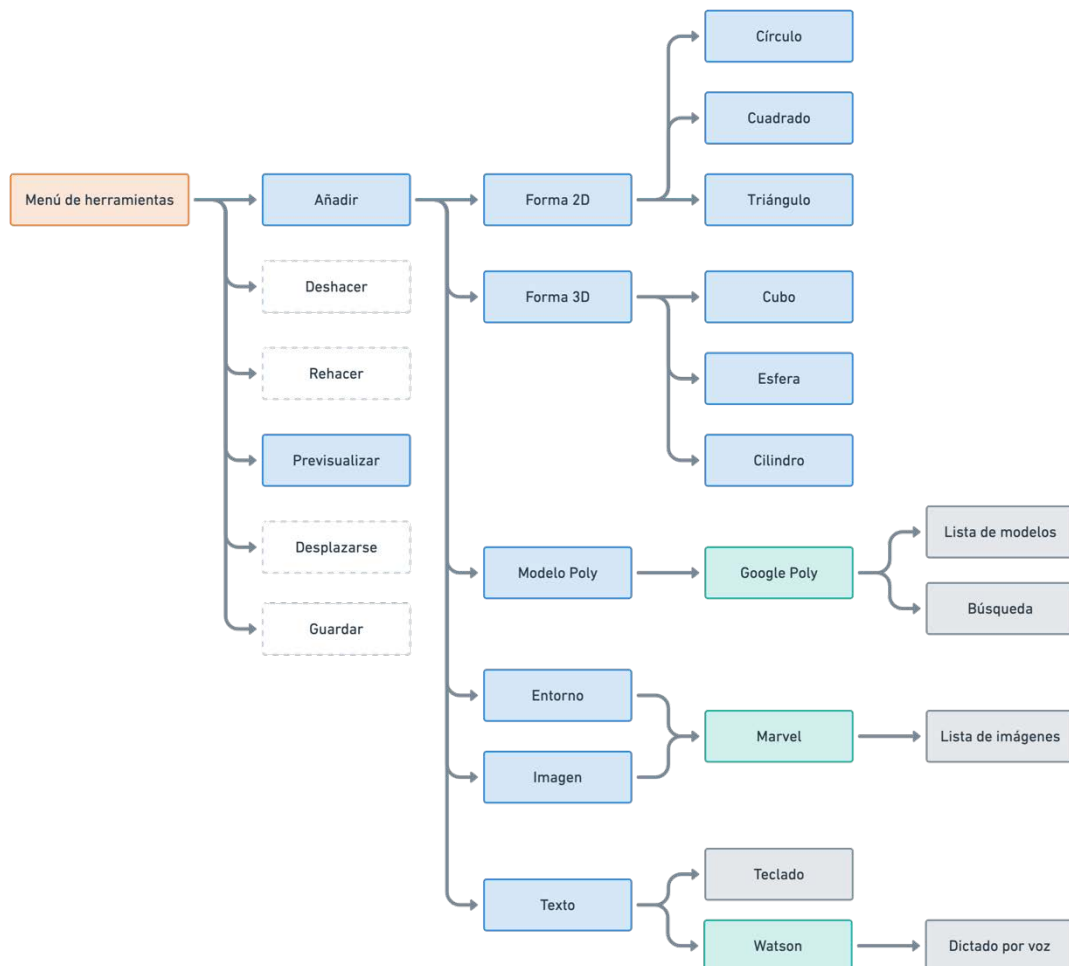


Figura 18. Arquitectura del menú principal. Elaboración propia.

Nota: en azul, elementos de navegación de la 1ª fase. En verde, servicios utilizados. En gris oscuro, funcionalidades que no forman parte del menú de herramientas.

8.2.2. Opciones de los elementos

Las opciones de los elementos serían aquellas que surgen directamente de los elementos ubicados en la escena y que permiten modificarlos por individual. En la Figura 19 se puede observar que dependiendo del tipo de objeto es un texto o no se muestran unas opciones u otras. Esta separación se realiza porque los textos no serán interactivos ni tiene sentido que muestren una etiqueta en texto, además de que la edición de textos y el aumento de su tamaño de fuente son funcionalidades específicas de estos.

Mostrar a primer nivel las ocho acciones que se pueden realizar sobre un objeto permite al usuario identificar más rápido aquella que le interesa, ya que se evita tener que ocultar más en niveles de navegación más profundos, lo que puede ser menos eficiente. En este caso, el número de opciones supera el límite cognitivo de 7, pero se mantiene dentro del rango de variación por debajo de las 9 máximas que el ser humano puede evaluar al mismo tiempo. Será necesario probar con los usuarios si esta organización es manejable o no, ya que *a priori* no se puede saber si lo es, especialmente para perfiles reacios a aprender nuevos programas como Carlota. De no ser así, tendrá que valorarse incluir un segundo nivel de navegación. De la misma forma que con el menú principal, el etiquetado de las opciones del menú se ha elegido para ser lo más identificativo y corto posible.

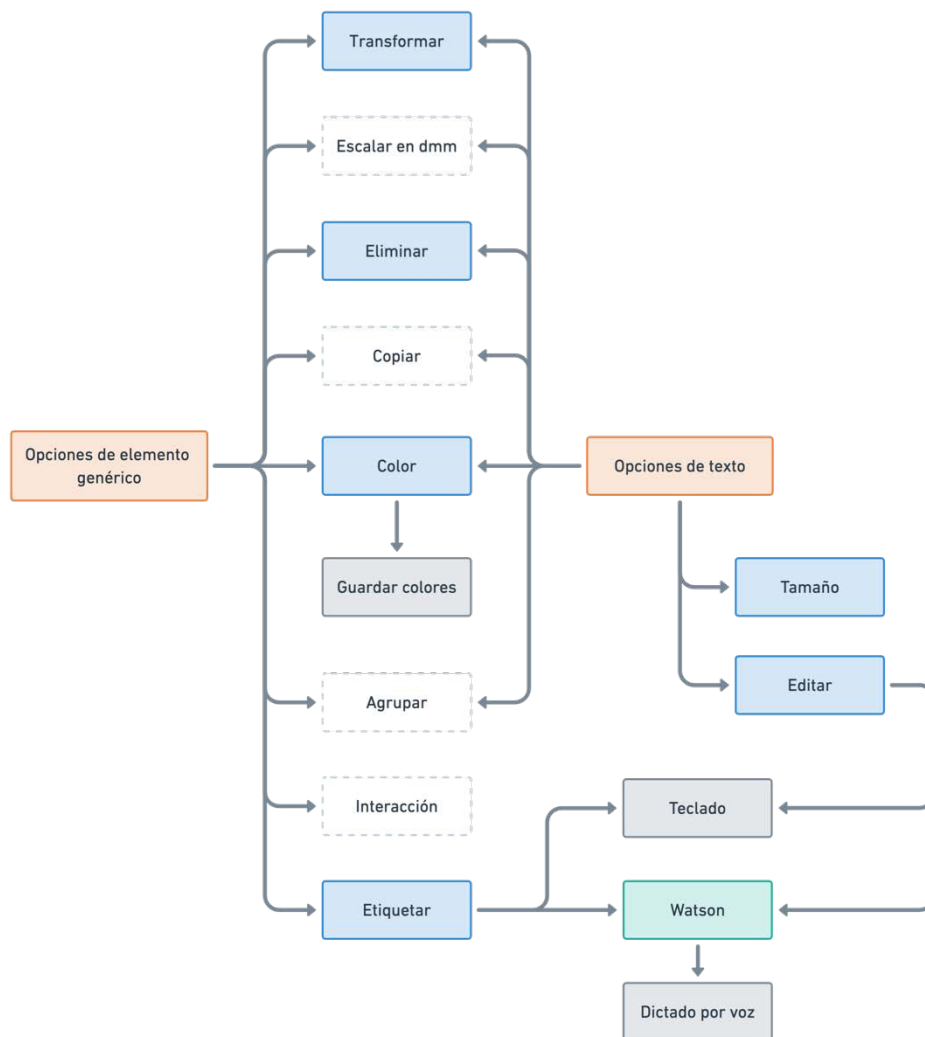


Figura 19. Arquitectura de las opciones de un elemento. Elaboración propia.

Nota: en azul, elementos de navegación de la 1ª fase. En verde, servicios utilizados. En gris oscuro, funcionalidades que no forman parte del menú de herramientas.

8.2.3. Funcionalidades generales

Estas funcionalidades no se incluyen en ningún menú por estar siempre presentes en la aplicación y poder utilizarlas libremente sin tener que utilizar un menú para

hacerlo. No se aporta un esquema porque se corresponde con una simple enumeración de funcionalidades: el movimiento de objetos, las guías ergonómicas y de escala, las ayudas y tutoriales y los comandos de voz.

8.3. Diseño de interacción

En este apartado se explicarán todos aquellos aspectos que se diseñen que influyan en cómo interactúa el usuario con la aplicación, desde el diseño de menús, asignación de botones del mando hasta el diseño de cada una de las funcionalidades.

8.3.1. Diseño de menús

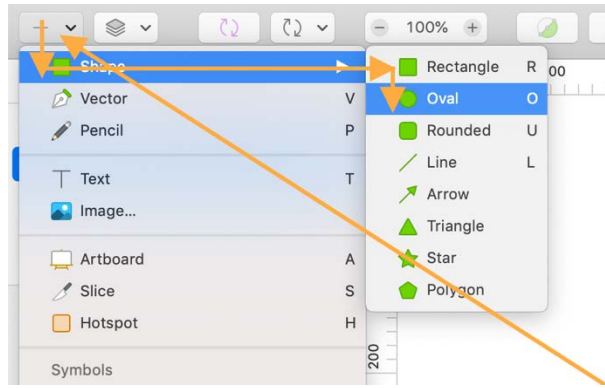
8.3.1.1. El coste de selección

La utilización que los diseñadores hacen de sus programas es claramente de un perfil experto. Al fin y al cabo, estos pasan horas en su trabajo utilizando programas para desempeñar sus tareas. Un perfil experto se caracteriza porque más que el aprendizaje, busca la eficiencia y la rapidez a la hora de desempeñar su trabajo. Un ejemplo claro del comportamiento de este tipo de usuarios en un ordenador es que intentan evitar el uso del ratón lo máximo posible utilizando el teclado en su lugar, memorizando comandos y atajos que le permitan realizar las acciones que quiere sin tener que buscarlas en ningún menú. De forma parecida, un usuario experto en móviles tendrá la tendencia de usar gestos e interacciones ocultas para ser más eficientes. Esta búsqueda de la eficiencia está arraigada en el flujo de trabajo de los diseñadores y se ha querido transmitir este comportamiento a la herramienta a desarrollar.

El tiempo que un usuario tarda en realizar una acción es uno de los principales problemas que el diseño de interacción debe abordar. Este problema va ligado a la conocida Ley de Fitts (1992), que estima una medición del tiempo que un usuario tarda en realizar un movimiento (MT) en función de la distancia a la que se encuentre el elemento (A) y el tamaño que tenga (W), siendo a y b constantes empíricas aplicadas a cada caso concreto que se obtienen mediante regresión lineal.

$$MT = a + b \cdot \log_2\left(\frac{2A}{W}\right) \quad (1)$$

La relación implícita en la ecuación (1) permite deducir que el tiempo en realizar un movimiento será mayor cuanto más pequeño sea el tamaño del objeto y más lejos se encuentre este del punto de inicio. Esta ley se ha aplicado especialmente en diseño de interacción a la hora de evaluar los recorridos que hace el cursor del ratón de un ordenador para seleccionar un objetivo, por ejemplo, a la hora de diseñar menús desplegables como el de la Figura 20.



*Figura 20. Flujo de adición de un óvalo en Sketch.
Captura de Sketch.*

En los programas de diseño como Sketch, para insertar una forma, el usuario debe abandonar aquello que esté haciendo para localizar el botón Añadir capa en la barra de herramientas superior, pulsarlo y seleccionar la opción Forma (*Shape*) de la lista y después elegir el tipo de forma que quiere añadir. La Figura 20 muestra este mismo flujo hasta la selección de un Óvalo (*Oval*), que si se analiza con la Ley de Fitts (1992), el tamaño de los campos es pequeño y el recorrido que hay que realizar con el cursor hasta que se selecciona el Óvalo es largo si se tiene en cuenta la distancia entre la zona de trabajo del usuario y el botón Añadir capa. Además, con este tipo de menús el flujo es mas costoso a medida que los elementos se encuentran más abajo en las listas porque para el mismo tamaño, la distancia recorrida es mayor. Por esto se tiende al mismo tiempo a reducir estos menús a un máximo de 9 opciones (Miller, 1956)

Un usuario experto evita constantemente este proceso al conocer que al pulsar la tecla “O” de su teclado añadirá un óvalo a su lienzo. Los atajos de este menú además están específicamente diseñados nemotécnicamente para que el usuario lo recuerde de forma fácil al ser estos la primera letra del nombre del elemento, lo que facilita su aprendizaje y su uso. Utilizar este atajo permite al usuario no abandonar lo que está haciendo para incluir otro elemento, sino que el elemento aparece directamente en su zona de trabajo pulsando una tecla.

Como explica Bidiu (2016) en su artículo para Nielsen Normal Group, el coste de selección de una opción de un menú depende de dos componentes: el tiempo de búsqueda visual para localizar un elemento dentro de la lista de opciones y el tiempo necesario para mover el cursor a la localización del elemento de interés. La familiaridad que tenga el usuario con el tipo de menú regula estos dos componentes, de forma que, si el menú es poco familiar para el usuario, los ahorros en costes de selección pueden ser insuficientes comparados con el coste de aprendizaje que supone y los posibles errores que puedan cometer los usuarios. La familiaridad es la mayor contra del tipo de menú que se elegirá en este trabajo, por lo que este aspecto tendrá que tenerse muy en cuenta a la hora de diseñarlo.

8.3.1.2. El menú radial

Un menú radial es un tipo de menú en el que las distintas opciones se muestran en una disposición circular alrededor de un punto central que normalmente no tiene interacción, en el que la selección de las opciones se realiza por medio de la dirección que se tome con el cursor, puesto que las opciones están orientadas a direcciones diferentes. Estos menús pueden aparecer de formas distintas y en dispositivos distintos, lo que cambia su interacción, aunque el comportamiento base sigue siendo el mismo. En la Figura 21 se puede ver ejemplo de menú radial que permite la selección de la reacción que el usuario quiere dar a un post de Facebook con la mirada en unas gafas Oculus Go o Gear VR. En la Figura 22 se puede ver un paradigma de interacción distinto que utiliza un menú radial, el Surface Dial, el cual contiene una superficie que se apoya sobre una pantalla táctil y puede girarse sobre sí mismo para seleccionar las distintas opciones que aparecen en el menú que se proyecta por debajo.

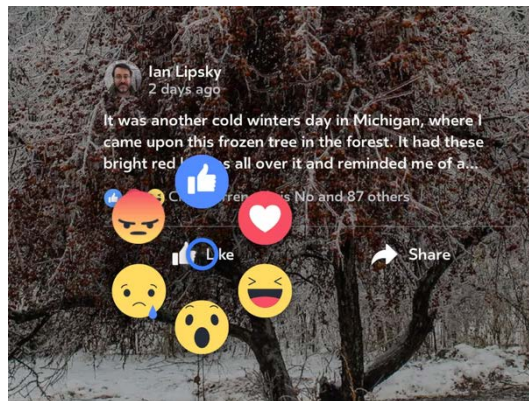


Figura 21. Menú de selección de reacciones de Facebook 360 con mirada. (Statt, 2016)



Figura 22. Menú de selección de colores con un Surface Dial. (Tew, 2016)

La principal ventaja del menú radial es que, al estar las opciones dispuestas alrededor del cursor, ninguna opción está más lejos de la otra y su selección se puede realizar con poco movimiento y de forma eficiente. Además, el área de selección se agranda a medida que se aleja del centro, permitiendo que el tamaño de estas opciones sea más grande, lo que disminuye la probabilidad de seleccionar una opción

incorrecta. Esto los convierte en unos menús muy eficientes y en los menús ideales para la Ley de Fitts (1992), al contrario que los menús lineales. Existen estudios que comparan el uso de menús radiales con el uso de menús lineales, en los que se demuestran que los errores cometidos con el menú radial son menores en un 50% aproximadamente (Callahan, Hopkins, Weiser, y Shneiderman, 1988), y que la selección de las opciones es 3,5 veces más rápida en los menús radiales y que los usuarios pueden memorizar la posición de las opciones con su uso repetitivo (Kurtenbach y Buxton, 1994).

Otra de las ventajas que Hopkins, programador especializado en *Human-Computer Interaction* de la Universidad de Maryland, indica en uno de sus artículos (Hopkins, 1991) es la facilidad que tienen los usuarios novatos y expertos para interactuar con estos menús. Su justificación se basa en el modelo de tres fases del aprendizaje motor de Fitts y Posner (1967): la fase cognitiva, la fase asociativa y la fase autónoma. Para los usuarios novatos, los menús radiales son fáciles de utilizar al ser una interfaz por gestos autodidacta, muestran lo que el usuario puede hacer y cómo hacerlo. El usuario mueve su cursor en la dirección de la opción que quiere realizar y la selecciona. El usuario se encontraría en la fase cognitiva del aprendizaje motor, en la que adquiere un entendimiento básico del movimiento, probando a realizar diferentes movimientos con un rendimiento variable y con posibles errores (Button, Davids, y Bennett, 2008). Tras unos cuantos usos, el usuario acaba acostumbrándose al tipo de interacción y puede incluso navegar por distintos subniveles, estando el usuario en la fase asociativa del aprendizaje motor, en la que los movimientos se refinan y son mas consistentes (Button et al., 2008). Los usuarios con el uso repetido del menú acaban convirtiéndose en expertos, ya que como indica Hopkins (1991), los menús de tarta aprovechan la capacidad del cuerpo para recordar el movimiento y la dirección del músculo, incluso cuando la mente ha olvidado las etiquetas de las opciones. Esto se corresponde con la última fase del aprendizaje motor, la fase autónoma, en la que tras repetir varias veces el movimiento se acaba realizando con un esfuerzo mental y errores mínimos (Button et al., 2008). Los usuarios expertos son más eficientes con este tipo de menús ya que pueden incluso seleccionar las opciones que deseen sin mirar las opciones, porque tienen memorizado el gesto para seleccionarlas.

La posibilidad de realizar atajos o comandos con el mando de las gafas Oculus Go o Gear VR es muy difícil, ya que los botones que quedan libres para la interacción son tres, el panel táctil, el gatillo y el botón “Atrás”, dejando pocas opciones para segundas acciones. Es en la memoria muscular el punto donde se puede trasladar el comportamiento de los usuarios expertos de los programas de diseño. El objetivo es poder realizar acciones sin necesidad de abandonar la zona de trabajo, que, en el caso de esta aplicación, es evitar que tenga que cambiar su campo de visión para buscar la acción que quiere realizar. Evidentemente, un usuario novato sí tendrá que mirar al menú radial para hacer sus acciones y cambiar su campo de visión, pero es un comportamiento que tienen con cualquier programa y está demostrado que con el uso repetitivo el usuario acabará siendo más eficiente con la utilización de estos menús (Hopkins, 1991). Los paneles táctiles de los mandos de las Oculus Go y Gear VR tienen un diámetro de 3,5 cm, una distancia a recorrer con el dedo muy corta para ser el peor caso, y para los casos más comunes esta distancia se reduce. Si el menú radial utilizara este

panel táctil en vez de un puntero proyectado desde el mando, el coste de movimiento se reduciría significativamente. Además, realizar gestos con el panel táctil es más cómodo e incentiva a la memoria muscular de las opciones, cosa que con un puntero costaría más desarrollar.

El campo de visión en realidad virtual es otro aspecto importante a la hora de diseñar interfaces, ya que es muy limitado. El campo de visión de un humano es de aproximadamente 210° grados horizontales y 135° verticales (Alger, 2015), ángulos que se ven muy reducidos cuando se utilizan gafas de realidad virtual. Independientemente del campo de visión que tengan las gafas que se estén utilizando – los cuales suelen rondar los 100° en gafas 3DOF – el ángulo en el que los ojos miran de forma cómoda es de 30° a cada lado, lo que reduce el campo de visión ergonómico a 60° (McKenzie, 2017). De existir un menú lineal, tanto vertical como horizontal, los ojos no podrían ver todas las opciones de forma cómoda, o incluso los usuarios tendrían que mover la cabeza para poder mirar las acciones que se encuentren fuera de su campo de visión. Además, el tamaño del menú lineal no podría reducirse mucho ya que para interactuar con el puntero del mando las zonas pulsables tienen que tener un tamaño suficiente para evitar errores durante la selección. La existencia de submenús en la arquitectura de información de la aplicación también afectará al espacio que ocupan los menús. Aunque puede ocurrir que el menú radial esté fuera del campo de visión dependiendo de dónde se encuentre en la escena, la distribución de las opciones puede caber perfectamente en los ángulos de visión ergonómicos del usuario, lo que hace este tipo de menú una alternativa segura.

El principal inconveniente de estos menús es su poca familiaridad, ya que penaliza directamente a la curva de aprendizaje que tienen estos menús frente a otros más comunes como los lineales. Un menú lineal es fácil de aprender para los usuarios porque es un tipo de menú presente en múltiples interfaces, y el menú radial apenas se utiliza por este motivo, por mucho que los estudios empíricos demuestren que su uso es mejor que otros tipos de menús en muchos aspectos. Como menciona Budiu (2016), en el momento en que los usuarios se familiarizan un poco con los menús radiales, estos menús empiezan a mostrar la ventaja que los investigadores predijeron. Además, estos menús se están volviendo más populares con la utilización de superficies táctiles al aprovechar sus capacidades gestuales. El diseño puede afectar directamente a la familiaridad de un tipo de interacción estableciendo una interacción consistente en todos los puntos de la experiencia del usuario. Mezclar tipos de interacción distintos afecta negativamente a la consistencia de la interacción, como se pudo ver en las aplicaciones del mercado analizadas en el apartado 3.1 especialmente con la herramienta Sketchbox. Establecer este tipo de menú como la única forma de interactuar con la aplicación permitirá una interacción consistente en la aplicación y mejorará la facilidad de aprendizaje de los usuarios, al no enfrentarse a distintos tipos de interacción durante el uso de la aplicación. Una vez entendido el funcionamiento, el resto de las interacciones funcionaran de la misma manera y el resultado de las acciones será esperado.

Con el objetivo de hacer el menú más intuitivo, además de utilizar la superficie táctil para manejarlo, se colocará el menú en la propia superficie táctil en vez de

mostrarlo delante del usuario. Mostrarlo delante del usuario puede hacerle intuir que la selección de las opciones puede realizarse con un puntero que se proyecta desde el mando, una interacción muy vista en realidad virtual. Como se mencionó anteriormente, seleccionar con el puntero del mando en vez de con la superficie táctil del mando puede afectar al coste de movimiento y al porcentaje de errores durante la selección de las opciones y el uso del panel táctil del mando permitirá reducirlos significativamente. Mostrar el menú en el propio panel táctil hará que el usuario quiera tocar el menú, y podrá sentir el tacto de la interacción, además de ver como sus movimientos se corresponden directamente con los cambios que se produzcan en el menú. Además, evita que el menú sea invasivo, al posicionarse de forma discreta en el mando en vez de en la propia escena tapando sus elementos. Esto permite al usuario poder interactuar con las opciones del menú mientras tiene una visión completa de la escena, útil por ejemplo en casos como ver cómo se deshace o rehace un cambio. Esto apoya además el objetivo de que los usuarios expertos puedan realizar interacciones a modo de atajo, al tener el menú siempre disponible y no tener que mostrarlo u ocultarlo para usarlo. Sin embargo, esta decisión de diseño tiene varias consecuencias, y es que puede provocar incomodidad en el cuello del usuario al tener que mirar el mando para elegir las opciones. El cuello humano con unas gafas de realidad virtual puede moverse 12° hacia abajo manteniéndose en una postura cómoda, a partir del cual puede provocar incomodidad hasta un máximo de 40°, dado que el mentón impide bajar más la cabeza (Alger, 2015). El rango de movimiento del mando es muy limitado en plataformas 3DOF, al no tener posicionamiento 3D y solo hacer uso del acelerómetro y giroscopio que tienen incorporado. Esto impide que el usuario pueda posicionarse el mando donde le sea cómodo leer las opciones y tenga que bajar el cuello para poder verlas. Además, el usuario no se puede acercar el mando todo lo que quisiera, por lo que tendrá que prestarse especial atención a la legibilidad y tamaño de las opciones del menú. Será necesario indicar al usuario que calibre el mando cuando inicie la aplicación para asegurarse de que el mando está en la mejor posición posible y disminuir así las incomodidades que le puedan causar, lo cual se incorporará a la funcionalidad de tutoriales y ayudas. Otro inconveniente puede ser que el usuario no encuentre la ubicación del menú la primera vez que entre en la aplicación, al poder tener el brazo colgando. Será necesario indicar con una ayuda la posición del menú durante los tutoriales iniciales de la aplicación.

Los beneficios que aporta el menú radial frente a sus inconvenientes justifican la decisión de utilizar este menú frente a un menú lineal, tanto vertical como horizontal. Los beneficios de este tipo de menú están apoyados por varios estudios en el campo de la interacción y los inconvenientes pueden reducirse si se tienen en cuenta durante el diseño, aunque no pueden eliminarse. De todas formas, será necesario probar con usuarios reales este tipo de menú, tanto para aplicar mejoras o correcciones que puedan surgir como para evaluar si son menús adecuados realmente o no. Será interesante probarlo con perfiles como Carlota, que son reacios a aprender nuevos programas, porque el menú les puede causar rechazo desde un principio y puede arrastrarse durante toda la utilización de la herramienta.

8.3.2. Asignación de entradas del controlador

Los mandos de las plataformas 3DOF tienen una cantidad de botones mucho más limitada que las plataformas 6DOF, además de que normalmente en estas plataformas se utilizan dos mandos, lo que duplica la cantidad de entradas que las aplicaciones pueden permitir. Como en plataformas 3DOF hay menos botones, la cantidad de interacciones que se pueden realizar es menor, por lo que es necesario pensar bien qué funcionalidad tienen cada uno de los botones. En la Figura 23 se puede ver las entradas que tiene un mando de Oculus Go, en la que se indica cuáles están reservadas para uso del sistema y no pueden personalizarse y cuáles sí. Las entradas que pueden personalizarse en los mandos de Oculus Go y Gear VR son las mismas, y son el botón “Atrás”, el panel táctil (que aceptaría tocar y pulsar) y el gatillo que se encuentra en la parte posterior delantera del mando. En la Tabla 16 se puede ver las acciones que harán las distintas entradas para el uso de la aplicación.

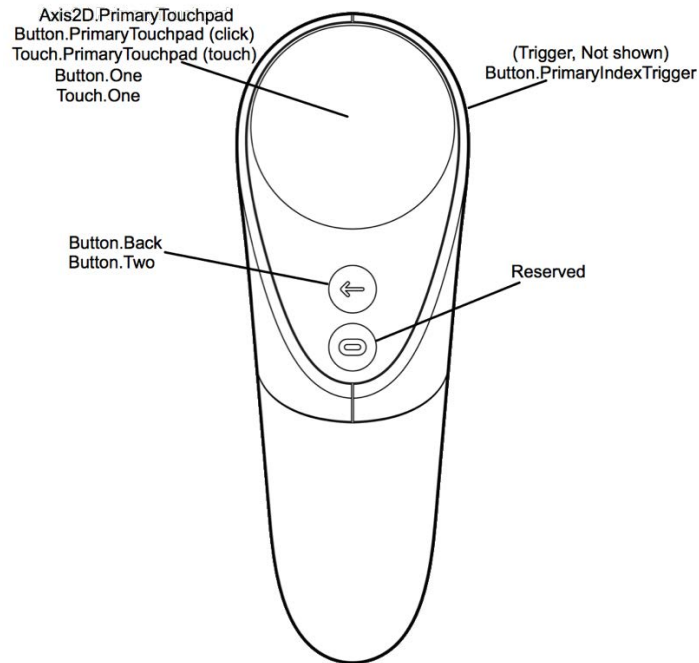


Figura 23. Entradas del mando de Oculus Go. (Oculus, 2018)

Tabla 16. Asignación de entradas para el uso de la aplicación

ENTRADA	ACCIÓN
Panel táctil	Focalización de opción del menú radial
Panel táctil (toque)	Focalización de opción del menú radial
Panel táctil (clic)	Selección de opción del menú radial
Gatillo	Mover objeto
Atrás	(Menú principal) Salir de la escena
Atrás	(Realizando acción) Cancelar acción

Fuente: elaboración propia.

Dado que el panel táctil (*Primary Touchpad* en la Figura 23) se utilizará con el menú radial deslizando los dedos por su superficie, los toques que el usuario realice quedarán reservados para detectar la posición del dedo y no para otro tipo de interacción, ya que podría crear conflictos al tratar de diferenciar un toque o de un deslizamiento. La selección de las opciones del menú radial se hará al pulsar el panel táctil. Dado que el dedo se deslizará por el menú radial y existen varios niveles de navegación, la selección no podría realizarse mediante gestos porque no sería posible diferenciar un deslizamiento para recorrer las opciones de un gesto, lo que podría activar acciones no intencionadas.

Las interacciones con los objetos distribuidos por la escena serán o bien para mostrar las opciones de los objetos o bien para moverlos. El gatillo (*Primary Index Trigger* en la Figura 23) es el botón más ergonómico del mando, al ubicarse donde el dedo índice se coloca al sujetarlo, por lo que su uso es cómodo para realizar interacciones. La mayoría de las aplicaciones de realidad virtual permiten interactuar con el gatillo o con el clic del panel táctil, dando al usuario libertad para interactuar de la forma que le parezca más cómoda. Otro patrón que se ve en aplicaciones de realidad virtual es el uso del gatillo para mover cosas, porque apretarlo se asemeja a un agarre firme de la mano, dando la impresión de que se está sujetando un objeto y que al soltarlo este dejará de moverse. Se ha querido mantener esta interacción para poder mover los objetos de la escena, pero crea el inconveniente de no poder hacer clic con el gatillo, al crear conflictos por intentar diferenciar un clic de un movimiento de un objeto, ya que entra el juego el pulso y el movimiento de la mano del usuario que no tiene por qué permanecer en el mismo sitio mientras presiona el gatillo. Es por esto por lo que la selección de los objetos para mostrar sus opciones tendrá que hacerse con el menú radial, reservando el gatillo para el movimiento de los objetos. Se evaluará con usuarios si esta decisión de diseño es cómoda o no para realizar las acciones, ya que es posible que intenten interactuar con el gatillo sobre los elementos de la interfaz.

El botón “Atrás” (*Back* en la Figura 23) se utilizará para salir de la escena que se esté editando en ese momento y volver a la pantalla de gestión de escenas. Como esta pantalla no se va a realizar en la primera fase del prototipo, en la implementación que se realice en este trabajo el botón “Atrás” no tendrá esta función. Durante la realización de una acción, como editar un objeto, escribir con el teclado o previsualizar la

escena, el botón “Atrás” estará operativo para cancelar la acción que se esté realizando.

8.3.3. Navegación de menús

A partir de la arquitectura de información y de las interacciones definidas para el menú radial, el flujo de navegación de los menús que pueden existir mientras se edita una escena se representa en el siguiente diagrama de la Figura 24. Dependiendo de si un objeto está siendo apuntado con el rayo que se proyecta desde el mando, aparece un menú radial u otro en el panel táctil. El menú radial por defecto será el menú principal, que en esta fase del prototipo solamente tendrá dos opciones: Añadir y Previsualizar. Desde este menú se podrán añadir objetos a la escena, con sus correspondientes submenús, y, al instanciar un objeto, un botón en el centro del panel táctil para Confirmar la posición del elemento. Cuando se apunte a un objeto, este podrá seleccionarse, por lo que aparecerá la opción Seleccionar en el centro del panel táctil. En el caso de ser seleccionado, aparecerá un menú con las opciones del objeto, que dependerán de si el objeto es un texto o no. Si la opción seleccionada muestra una interfaz, se oculta el menú radial para que el usuario utilice toda su superficie para interactuar y se mantiene el botón “Atrás” para que cancele la acción.

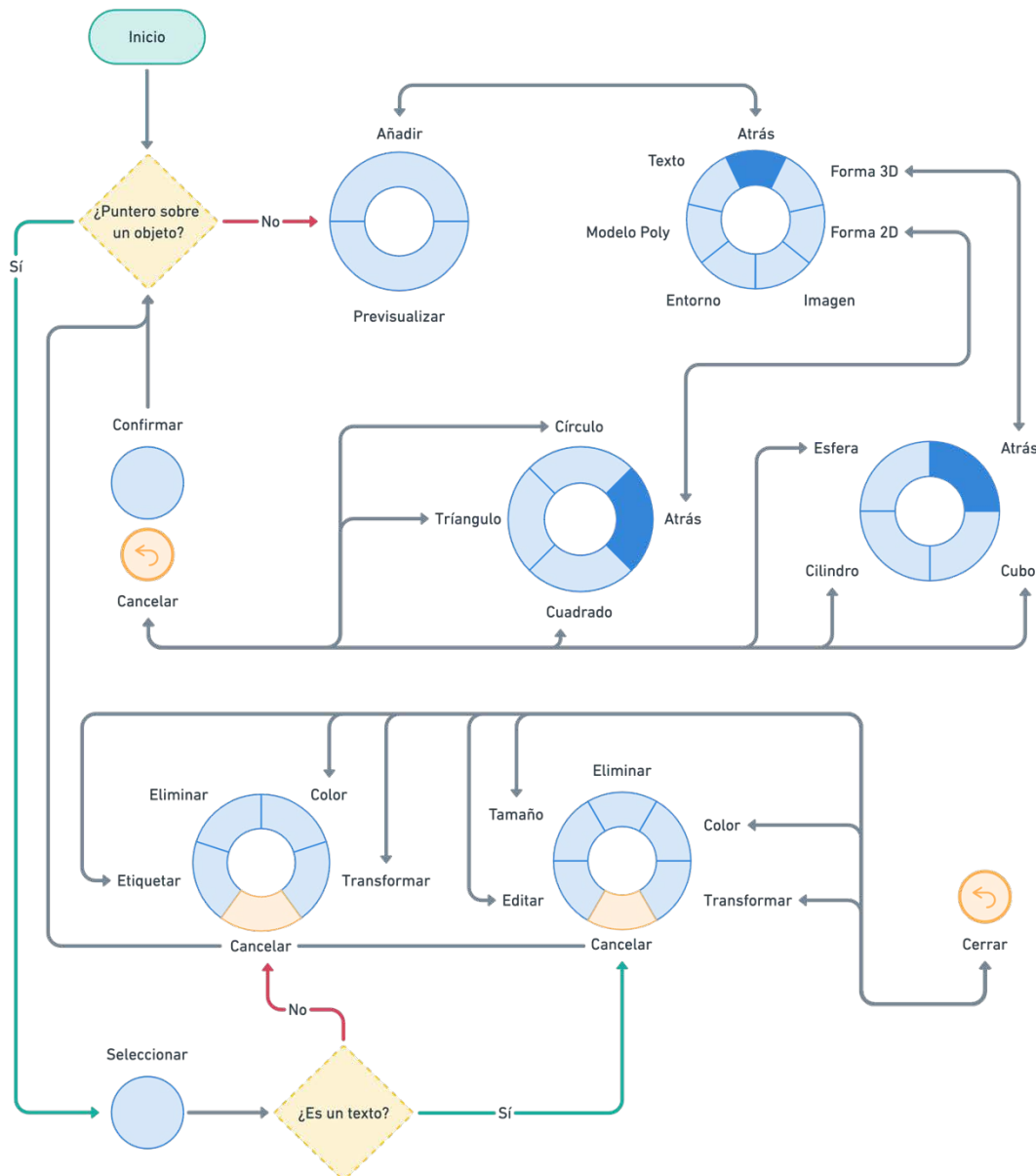


Figura 24. Flujo de navegación con menús radiales. Elaboración propia.
 Nota: en azul, las acciones positivas, y en naranja, las negativas.

Para hacer más efectiva la selección de las distintas opciones de los menús radiales, los submenús están rotados de forma que el botón “Atrás” coincida en la misma posición que la acción elegida previamente. Para entrar a un menú y salir de él, el usuario no tendrá que mover el dedo. Además, las opciones más comunes se han puesto en los lados adyacentes al botón “Atrás”, para que el usuario tenga que mover el dedo mínimamente en la mayoría de los casos, y las acciones menos comunes se ubican al lado opuesto.

Las acciones negativas de los menús – en color naranja en la Figura 24 – como las cancelaciones de los procesos en curso o el cierre de las interfaces, siempre se podrán realizar con el botón “Atrás”, y en el caso de existir un menú radial al mismo tiempo que este botón, como en el caso de las opciones del objeto, se ubicará en la parte

inferior del menú radial una opción “Cancelar” ya que el menú radial tapa el botón “Atrás” y es posible que el usuario no vea la forma de salir del menú. Su ubicación en la parte inferior facilitará el aprendizaje motor de los usuarios y su asociación con una acción negativa en esta ubicación. Sacrificando una posición del menú radial es posible asegurarse de que el usuario sepa cómo abandonar el menú en el que se encuentre al tener dos vías para poder realizarlo. Concretamente en las opciones de los objetos conviven dos acciones negativas, “Cancelar” y “Eliminar”. Para evitar confusiones y mantener la coherencia, “Eliminar” no se considera como una acción negativa en este caso ya que es una acción sobre el objeto y no sobre las interfaces o los menús. De todas formas, como la opción más común del menú de opciones de los objetos es la acción de “Cancelar”, se colocará la opción de “Eliminar” al lado más opuesto posible, para evitar clics accidentales.

8.3.4. Flujos e interacciones de funcionalidades

Para cada una de las funcionalidades a desarrollar en esta primera fase del prototipo se definirán y justificarán sus flujos e interacciones. Las funcionalidades fuera de esta primera fase se definirán en la fase correspondiente y quedan fuera del alcance de este trabajo. Como se explicará en el apartado 9, a medida que se iba definiendo cada una de estas funcionalidades al mismo tiempo se han desarrollado en unas gafas Gear VR para poder realizar prototipos y confirmar que los flujos e interacciones aquí explicados son los mejores posibles y además viables.

8.3.4.1. Añadir un objeto

Para añadir un objeto a la escena se utilizará la opción del menú “Añadir”, la cual permitirá seleccionar el tipo de objeto deseado utilizando el menú radial. Una vez especificado el tipo de objeto, se presentará en la escena de forma transparente vinculado a un rayo proyectado desde el mando, que permitirá ubicar el objeto sin perder la referencia de los posibles objetos que pueda tapar. En el mando se mostrará una opción para confirmar la posición del objeto y se habilitará el botón “Atrás” para cancelar la acción, mostrando una etiqueta identificativa. Confirmada la posición, el objeto aparece con el formato que tenga por defecto en la posición donde se encontraba la forma transparente, quedando fijo en el sitio y listo para poder ser editado o movido.

Utilizando prueba y error, se ha establecido una distancia de aparición de 3 metros por delante del usuario, una distancia que permite tener una buena referencia del tamaño de objeto y un buen rango de movimiento sin que sea invasivo.

8.3.4.2. Mover un elemento

Para mover un elemento ubicado en la escena se mantendrá pulsado el gatillo y se soltará para dejar de moverlo. Esta interacción será válida tanto para objetos insertados en la escena como para las distintas interfaces que pueden aparecer. Esto permitirá al usuario ubicar la interfaz en la zona que le quede más cómoda para usarlo y no fijarlas en una zona preestablecida, por ejemplo, mover el teclado de escritura, la selección de imágenes o el selector de colores.

El funcionamiento del movimiento en un espacio de 360° no es evidente *a priori*. Si se mueve un objeto de izquierda a derecha, tiene sentido que se mueva en su eje “X”, manteniendo intacta la cara visible del objeto desde el punto de vista del usuario. Lo mismo podría suponerse en el movimiento del resto de ejes: un movimiento en el eje “Y” para subir y bajar el objeto y un movimiento en el eje “Z” para alejarlo y acercarlo. Si bien este movimiento podría realizarse en plataformas 6DOF gracias al posicionamiento 3D de sus mandos, en un mando 3DOF el movimiento queda limitado por la rotación del mando al no poder contar con su posición, por lo que este movimiento no podría realizarse de forma natural y tendría que realizarse con un rayo proyectado desde el mando para apuntar con mayor precisión. Por tanto, si se está apuntando a un objeto y el mando se mueve hacia arriba, como muestra la Figura 25, podría interpretarse que el usuario quiere mover el objeto verticalmente, ponerlo encima de su cabeza o quiere alejarlo, al estar apuntando a un punto más lejano. De la misma forma ocurre si el mando se mueve a la izquierda, como muestra la Figura 26, ya que no podría diferenciarse si el usuario quiere mover el objeto horizontalmente, quiere colocarlo en su lateral izquierdo o alejarlo dependiendo del punto de vista.

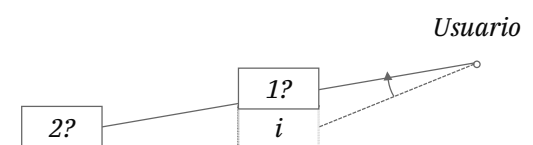


Figura 25. Conflicto de movimiento vertical.
Elaboración propia.

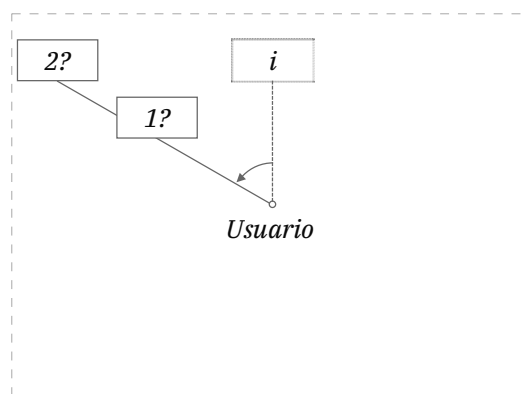


Figura 26. Conflicto de movimiento horizontal.
Elaboración propia.

Si el usuario gira su cuerpo mientras está moviendo un objeto, el objeto debería mantener la misma cara visible durante todo el movimiento. Esto implica que el objeto debe rotar en su eje “X” durante los movimientos verticales (ver Figura 27) y en el eje “Y” durante los movimientos horizontales (ver Figura 28) para mantener la misma cara visible y la misma rotación que tenía en el punto de origen. De lo contrario, la rotación se mantendría intacta, pero en la nueva posición esta sería distinta. Esta decisión de diseño puede afectar al comportamiento esperado al aplicar un pequeño movimiento a un objeto, ya que se estaría aplicando una pequeña rotación potencialmente no deseada para mantener la misma cara visible, pero si no se aplica este comportamiento, el usuario no tendría libertad para colocar objetos a su alrededor.

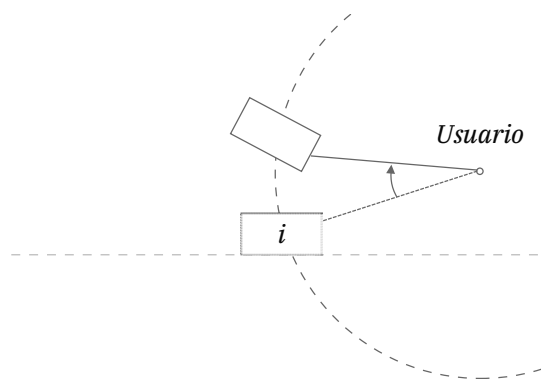


Figura 27. Solución al conflicto de movimiento vertical. Elaboración propia.

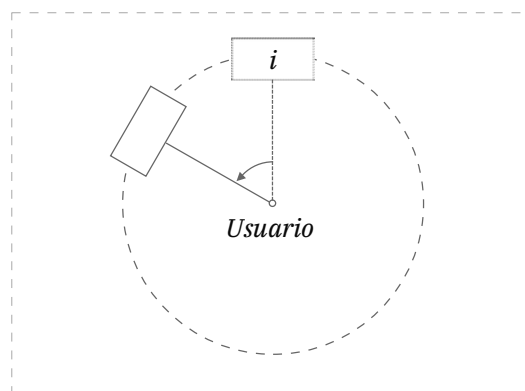


Figura 28. Solución al conflicto de movimiento horizontal. Elaboración propia.

Dado que tampoco se puede diferenciar si el usuario quiere mover el objeto lateralmente o alejarlo o acercarlo, es necesario limitar el eje de movimiento de los objetos. Dado que el espacio 360° es esférico, tiene sentido que el movimiento también lo sea. Esto implica que la distancia a la que se encuentre el objeto desde el usuario debe mantenerse constante durante todo el movimiento, y que este debe suceder vertical y horizontalmente, como en la Figura 27 y Figura 28. Esto permitirá colocar los objetos en cualquier parte alrededor del usuario. Esto implica que el movimiento en el eje “Z” del objeto para acercarlo o alejarlo del punto de vista del usuario debe realizarse de forma distinta. Dado que se disponen de menús radiales y durante el movimiento no se pueden realizar más acciones, se puede mostrar un menú radial específicamente para este caso, con dos opciones: acercar o alejar el objeto. De esta manera, mientras se tiene el gatillo pulsado, el usuario podrá decidir la distancia a la que se encuentra del mismo, posicionando el objeto cuando el gatillo se suelte.

8.3.4.3. Selección de un objeto y opciones

Para desplegar las opciones que tiene un objeto, previamente hay que seleccionarlo. Para seleccionarlo bastará con clicar en el panel táctil mientras se apunta al objeto, siempre y cuando no exista otro objeto seleccionado. Para deseleccionarlo se podría apuntar a otro objeto o a una zona donde no haya ninguno, pero esto tiene la consecuencia de que es posible que el objeto se deseccione mientras se está modificando. Pueden existir fallos de puntería del usuario mientras maneja las distintas interfaces que modifican el objeto, por lo que podría apuntar a otro objeto o a la nada sin querer. Por este motivo, se ha decidido deseleccionar un objeto de forma explícita, por lo que se habilitará el botón “Atrás” para poder hacerlo y, además, se mostrará una opción en el menú radial para deseleccionar, porque el menú radial tapa el botón “Atrás” del usuario y no verlo puede confundirle. Se probará esta decisión de diseño en las pruebas con usuarios para ver si la confusión se evita o se incrementa. El menú de opciones actuará sobre el objeto seleccionado en ese momento, teniendo total libertad el usuario de manejarlo sin preocuparse de perder la selección, hasta que no pulse la opción correspondiente.

8.3.4.4. Transformación de un objeto

La transformación consiste en el escalado y rotación de un objeto en todos sus ejes posibles. En programas de edición de objetos en tres dimensiones, lo más común es que existan tiradores que permitan agarrar un lado de un objeto y escalarlo en la dirección en la que se mueva, o rotar el objeto con manejadores de la misma manera, como se puede ver en el ejemplo de Unity de la Figura 29.

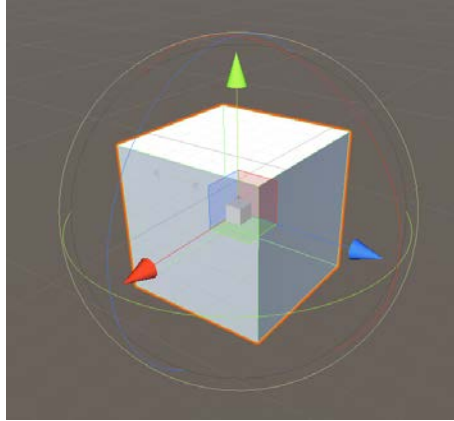


Figura 29. Tiradores de escalado, movimiento y rotación en el editor de Unity. Captura de Unity.

La característica que tienen estos elementos es que se distribuyen en tres dimensiones alrededor del propio objeto, por lo que es intuitivo saber qué lado del objeto se va a escalar o en qué sentido se va a girar. En las herramientas analizadas en el apartado 3.1 utilizan esta forma de transformar los objetos, porque pueden posicionar el mando en tres dimensiones y gracias a ello poder mover el mando libremente en cualquier dirección mientras se está transformando. El movimiento del mando en plataformas 3DOF como la actual está limitado a la rotación del mando, sin poder posicionar en el espacio, lo que limita mucho el uso de tiradores alrededor del objeto, ya que no es sencillo identificar con el movimiento del mando en cuál de los tres ejes se quiere manipular el tirador. Es por este motivo que para realizar esta funcionalidad se ha decidido optar por una interfaz bidimensional sobre un objeto que puede o no tener tres dimensiones.

La transformación se activa a través de las opciones de un objeto y muestra una interfaz sobre este, que contiene tres controles deslizantes para rotarlo y ocho manejadores que permiten modificar su escala, como se muestra en la Figura 30. A esta interfaz se le sumará un pequeño panel informativo que indique el tamaño del objeto (altura, anchura y profundidad), ya que los usuarios pidieron mayor control sobre las medidas.

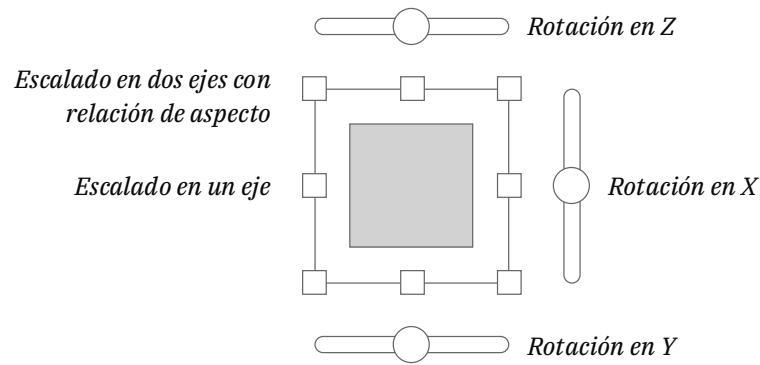


Figura 30. Esquema de transformación de un objeto. Elaboración propia.

Cada control deslizante controla el ángulo de rotación de un eje, y se posicionan a los laterales para que el sentido de la rotación sea más intuitivo, ya que la rotación en “Y” y “Z” es hacia los laterales y la rotación en “X” es hacia adelante. El uso de este tipo de controladores permite tener más precisión para seleccionar el ángulo de rotación, el cual aparecerá en un *tooltip* junto al deslizador. Los ángulos que se mostrarán en este *tooltip* serán los ángulos reales de la rotación que el objeto tiene aplicados y no la variación que corresponda con el giro que se esté realizando en ese momento, de forma que para dos giros consecutivos de 40° y 60° , en el primer giro se mostrarán 40° y en el segundo giro se mostrarán 100° en vez de 60° . Esto permite que el usuario tenga un mayor control sobre los ángulos ya que puede ser interesante a la hora de evaluar prototipos, aparte de que permite ahorrarse cálculos innecesarios.

En cuanto al escalado, existe una distinción dado que en la aplicación conviven objetos tridimensionales y bidimensionales, pudiéndose editar estos últimos solamente en dos ejes, ya que no tienen profundidad. Además, entre los objetos bidimensionales se encuentran textos, y su escalado se debe diferenciar ya que, si bien los otros objetos bidimensionales pueden escalarse libremente, los textos no deben deformarse, por lo que su escalado corresponderá simplemente a una modificación del tamaño del campo de texto. Además, también se debe poder escalar manteniendo la relación de aspecto del objeto, para evitar deformaciones no deseadas, especialmente en modelos e imágenes. Se ha utilizado el convenio de manejadores (ver Figura 30) para modificar la escala del objeto ya que es una interfaz conocida por los usuarios y es aplicable en este caso, lo que hace su funcionamiento intuitivo, tanto para la escala libre, que se realiza con los manejadores situados en las aristas, como para la escala en relación de aspecto, que se realiza con los manejadores situados en los vértices. Para facilitar la puntería del usuario al manipularlos, deberán aumentar de tamaño cuando el puntero del mando se acerca a estos hasta que tengan un tamaño adecuado. Habrá que tener en cuenta que los manejadores cambiarán el objeto en el sentido en el que se muevan, de forma que, si el objeto tiene una rotación aplicada, el manejador tiene que seguir modificando el objeto por el lado que le corresponda. Por tanto, el escalado tiene que ser independiente de la rotación que el objeto tenga aplicada. Esto impide que un manejador modifique directamente un eje del objeto, ya que al rotarse los ejes cambian de lugar.

Dado que los objetos pueden distribuirse por toda la escena, es importante que esta interfaz – la cual se encuentra adherida al propio objeto – sea visible desde cualquier punto. Por eso, tendrá que escalarse esta interfaz dependiendo de la distancia a la que se encuentre el objeto del usuario, para que este pueda interactuar con la interfaz independientemente de la distancia a la que se encuentre.

8.3.4.5. Edición de colores

La edición de colores permite cambiar el color del objeto que se encuentre seleccionado en ese momento, y se activa a través de las opciones del objeto. Dado que los usuarios como Marcos pidieron control sobre los colores se ha decidido dejar total libertad para aplicar los que el usuario desee, y, además, con precisión.

En otras aplicaciones analizadas, se simplifica el uso de los colores ofreciendo una lista de colores predefinida y no modificable, o la selección de los colores de hace de forma imprecisa, seleccionando el color a mano dentro de una gama de colores. Esto puede simplificar mucho la tarea de elegir un color, ya que normalmente en un prototipo el color no es necesariamente importante, pero dado que en esta aplicación sí lo es para realizar comprobaciones de accesibilidad, se tendrá que elegir de forma precisa utilizando además un modelo de color conocido por los usuarios. El modelo de color más extendido y utilizado es el RGB (rojo, verde y azul), y el formato hexadecimal que maneja este modelo es muy utilizado por diseñadores gráficos, pero la elección del color con este formato no es intuitiva ya que se basa en mezclar los tres colores del modelo para formar nuevos colores. Un formato más intuitivo de selección del color es el formato HSB (matiz, saturación y brillo), también utilizado por los diseñadores. Este formato permite elegir el color modificando el valor “H”, la cantidad de blancos del color con el valor “S” y la cantidad de negros del color con el valor “B”, como se muestra en la Figura 31.

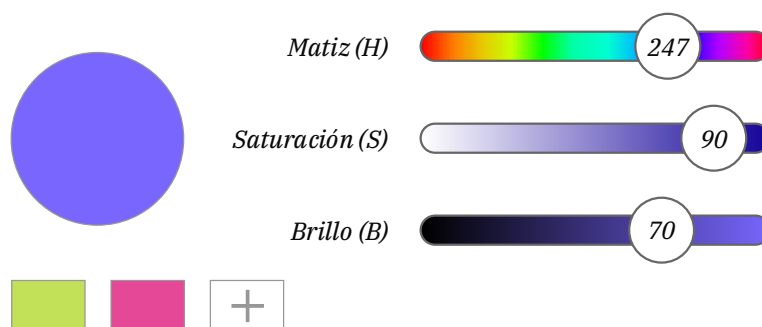


Figura 31. Esquema de selección de color. Elaboración propia.

Utilizando este modelo, la selección de color es más intuitiva y permitirá seleccionar en cualquier caso un color fácilmente, cosa que agradecerán Personas como Carlota. En los casos que requieran de un color específico o mayor precisión, el usuario podrá ajustar estos valores del modelo para obtener el color que necesite, y los programas de diseño más utilizados permiten un cambio sencillo de modelo de color, por lo que la obtención del formato de color en el modelo HSB no supondrá un gran coste. La

selección se realiza con tres deslizadores para poder ajustar cada valor con precisión, mostrando el valor en el propio manejador.

En este interfaz se podrá manejar los colores que estén guardados, mostrándolos en una lista inferior junto con un botón para añadir el que se encuentra actualmente seleccionado. Un color guardado se eliminará si se arrastra fuera de la lista. El comportamiento definido para esta interfaz se asemeja al comportamiento que tiene la selección de color en varios programas de diseño, por lo que se supone que por el comportamiento familiar les será fácil de utilizar a usuarios como Carlota.

8.3.4.6. Modelos de Google Poly

Esta funcionalidad permitirá buscar un modelo en la plataforma de Google Poly o explorar los modelos destacados en ese momento, con el objetivo de importarlos a la escena. La interfaz de exploración de los modelos se ha diseñado para que sirva tanto para explorar los modelos, como para explorar las imágenes y los entornos disponibles, para mantener una coherencia entre los componentes, dado que funcionan de la misma manera. En la Figura 32 se puede ver la estructura que tendrá el explorador de modelos, mostrando botones para avanzar y retroceder por las distintas páginas de resultados.

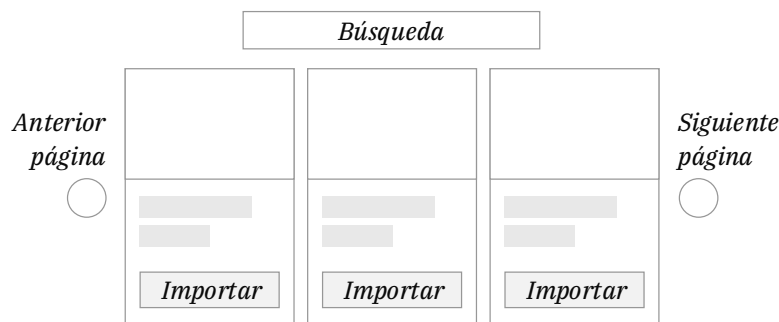


Figura 32. Esquema del explorador de modelos de Google Poly. Elaboración propia.

Los datos que proporciona la API de Google Poly y que se mostrarán al usuario serán el nombre del modelo, su autor y la previsualización del modelo, que es una imagen que proporciona la propia API. Estos datos se consideran suficientes para identificar el modelo que el usuario busque o sus propios modelos que tenga subidos a la plataforma. La búsqueda utilizará el teclado de la aplicación o el dictado por voz, y permitirá modificar los resultados que se muestran en las distintas páginas. La búsqueda podrá modificarse y borrarse, de forma que de no existir nada en este campo se mostrarán los modelos destacados por la plataforma. Para importar un modelo, los usuarios tendrán que pulsar el botón Importar correspondiente al modelo elegido y se añadirá a la escena, de la manera explicada en el apartado 8.3.4.1. Para que un usuario pueda añadir un modelo de su autoría, bastará con que lo suba a la plataforma y lo busque.

8.3.4.7. Añadir imagen

Se podrá añadir una imagen a la escena que se encuentre subida a la plataforma en la nube de Marvel. La interfaz es idéntica al explorador de modelos de Google Poly de la Figura 32, con la diferencia de que no existe un campo de búsqueda por limitaciones de la API de Marvel actual.

Para poder añadir imágenes a la escena, antes el usuario habrá tenido que subir sus imágenes a su cuenta de Marvel. En Marvel se pueden crear varios proyectos, y dentro de cada proyecto se pueden subir varias imágenes. El explorador de imágenes, además de permitir al usuario iniciar sesión con su cuenta de Marvel, tendrá que permitir explorar los distintos proyectos que tenga el usuario en su cuenta para después navegar por las distintas imágenes que contenga. Pulsando el botón Importar correspondiente añadirá la imagen deseada a la escena. Para el prototipo a desarrollar en este trabajo no se implementará la funcionalidad de iniciar sesión ni de explorar varios proyectos, sino que se creará uno por defecto donde se irán subiendo las imágenes. En una segunda fase del prototipo, estas partes de la funcionalidad tendrán que ser implementadas.

8.3.4.8. Cambiar entorno

El cambio de entorno consistirá en utilizar imágenes 360° para proyectarlas sobre el escenario del prototipo para dar la impresión de que se está en un entorno distinto. Dado que estas imágenes también estarán subidas a la plataforma de Marvel, la interfaz de exploración de los entornos será idéntica a la de las imágenes, con dos diferencias, como se puede observar en la Figura 33: la primera es que en cada imagen existirá un botón que ponga “Establecer”, ya que en este caso los entornos no se importan como las imágenes; y la segunda es que tras aplicar una imagen 360° para cambiar el entorno, aparecerá un botón en la parte superior de las imágenes que permita restablecer el entorno al que la aplicación tenía por defecto.

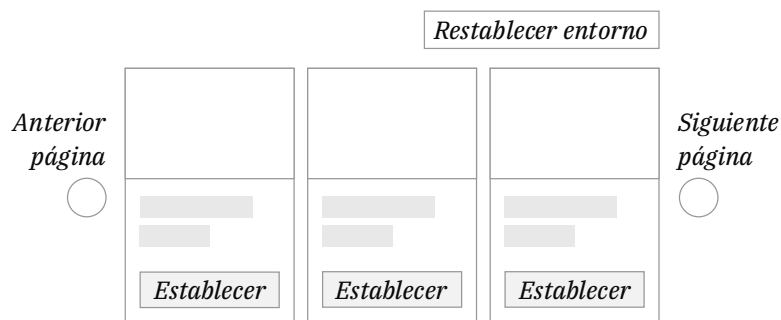


Figura 33. Esquema del explorador de imágenes 360°. Elaboración propia.

8.3.4.9. Añadir textos

Para añadir un texto a la escena será necesario escribirlo antes. Tras pulsar la opción “Texto” en el menú “Añadir”, aparecerá delante del usuario un teclado que le permitirá

escribir libremente el texto que quiera. Este teclado será de tipo QWERTY español – que incluye la letra “Ñ” – y dispondrá de símbolos, números y modificación de mayúsculas. Una de las funcionalidades para mejorar la eficiencia de la aplicación era añadir la funcionalidad del dictado de voz a texto. Existirá una tecla en el teclado que permitirá activar esta funcionalidad que brinda la integración de la aplicación con IBM Watson, de forma que tras dar un *feedback* al usuario de que el dictado ya puede comenzar, el usuario hablará en voz alta en español para escribir mediante reconocimiento de voz. Encima del teclado se ubicará el texto que el usuario escriba y un botón “Aceptar” que cree el objeto texto y lo incorpore dentro de la escena.

Para editar un texto ya creado, deberá seleccionarse el objeto texto y seleccionar la opción “Editar texto” del menú de opciones del objeto, invocando al teclado para la edición de su contenido. Pulsando en el botón “Aceptar” nuevamente, el texto quedaría editado. En este mismo menú de opciones se podrá también modificar el tamaño de fuente del texto, mostrando un control deslizante que permitirá ajustar con precisión el tamaño de la fuente mientras un *tooltip* muestra el número concreto. La precisión de esta funcionalidad permitirá evaluar la accesibilidad de los textos de la escena y poder tener una referencia exacta del tamaño del texto.

8.3.4.10. Etiquetado

El etiquetado permitirá insertar encima del objeto una etiqueta que contenga un texto personalizado como se puede ver en la Figura 34.

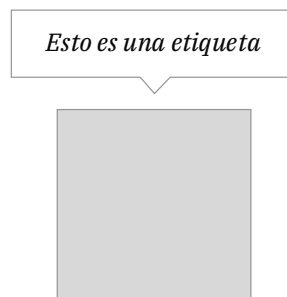


Figura 34. Esquema de etiqueta encima de un objeto. Elaboración propia.

Para añadir una, será necesario seleccionar el objeto en el cual se quiere añadir y seleccionar la opción “Etiquetar” del menú de opciones del objeto. Se invocará un teclado de la misma manera que en la edición de cualquier texto, por lo que el usuario podrá hacer uso también del dictado de voz si así lo desea. Tras pulsar el botón “Aceptar”, la etiqueta quedaría anclada encima del objeto con el texto escrito. Para modificar una etiqueta creada, se pulsará la misma opción del menú de opciones del objeto y se modificará con el teclado el contenido. Si el contenido del texto se deja vacío, la etiqueta se eliminará.

8.3.4.11. Previsualización

La previsualización se podrá activar pulsando la opción correspondiente en el menú principal del mando. Tras pulsarla, el modo previsualización quedará activo y no podrán moverse ni seleccionarse los objetos de la escena. Para que el usuario pueda simular interacciones en el prototipo, se tendrán que dejar sin uso tanto el panel táctil como el gatillo, por lo que para desactivar el modo previsualización se tendrá que pulsar el botón “Atrás” del mando. Se tendrá que mostrar una ayuda al usuario para mostrarle como desactivar este modo.

8.4. Diseño visual

A partir de los esquemas de las funcionalidades y los menús, el diseño visual se aplica basándose en un sistema de diseño definido específicamente para la aplicación y las guías visuales de realidad virtual propuestas por Google. Tras disponer de los prototipos de cada una de las funcionalidades implementados, este diseño visual permitirá establecer un diseño coherente entre todas las interfaces de la aplicación y permitirá tener todo listo para poder desarrollar la aplicación. El diseño visual se realizará con la herramienta Figma, por su compatibilidad con formatos de otros programas de diseño, por su facilidad de uso, por su potencia y por los beneficios que aporta trabajar totalmente en la nube, tanto por almacenamiento como por control de versiones y compatibilidad con cualquier dispositivo que se edite al no depender de una instalación para su uso.

8.4.1. Guías de diseño

Las guías de diseño de realidad virtual de Google (McKenzie, 2017) proponen en base a estudios de usabilidad realizados por sus trabajadores, referencias en cuanto a tamaños mínimos recomendados de zonas pulsables y tamaños de texto, para mejorar la usabilidad de las aplicaciones que se diseñen y la accesibilidad, las cuales pueden verse en la Figura 35. Los tamaños de texto juegan con el tamaño y el peso de la fuente y según Google (McKenzie, 2017) permiten que sean legibles por personas con distinta calidad de visión teniendo en cuenta que estos textos son mostrados en pantallas móviles ampliadas con lentes ópticas. El tamaño de las zonas pulsables tiene en cuenta que los usuarios utilizan un rayo proyectado desde el mando para seleccionar las distintas copiones de la interfaz, el tamaño que encontraron que era seguro como mínimo es de 64 *dmm* de alto o de ancho, 96 *dmm* de alto o ancho un tamaño cómodo para interactuar. Estos tamaños tienen en cuenta que debe existir un *padding* de 16 *dmm* alrededor de las zonas pulsables, para asegurarse una separación mínima entre los elementos de la interfaz. Para el diseño visual se utilizarán las unidades *dmm* para poder adaptar el diseño a la profundidad deseada, ya que con estas unidades el tamaño de los elementos es proporcional a la distancia del usuario a la que se encuentren, por lo que un texto y una zona pulsable se mantendrán del mismo tamaño, aunque se encuentren más lejos del usuario.

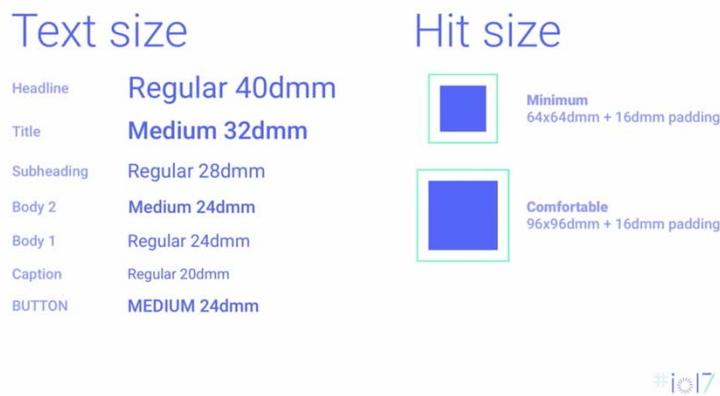


Figura 35. Tamaños de texto y zonas pulsables recomendados por Google. (McKenzie, 2017).

En cuanto al campo de visión del usuario, se seguirán las recomendaciones marcadas por esta guía para asegurarse de que las interfaces pueden ser visibles por el usuario de la forma más cómoda posible, evitando que tengan que mover la cabeza para verlas al completo. Como se puede ver en la Figura 36, las guías marcan un área de 60° de visibilidad ergonómica de la vista del usuario, por lo que los elementos que se mantengan dentro de esta área serán más cómodos de ver que si se encuentran fuera. Para interfaces planas, en ancho máximo se marca en las guías para contenerlas dentro de una zona circular de 53,1°. La zona rosa indica el área de la interfaz que provocará el movimiento del cuello del usuario para ser vista, hasta los límites marcados por esta zona, a partir de los cuales será muy incómodo para el usuario.

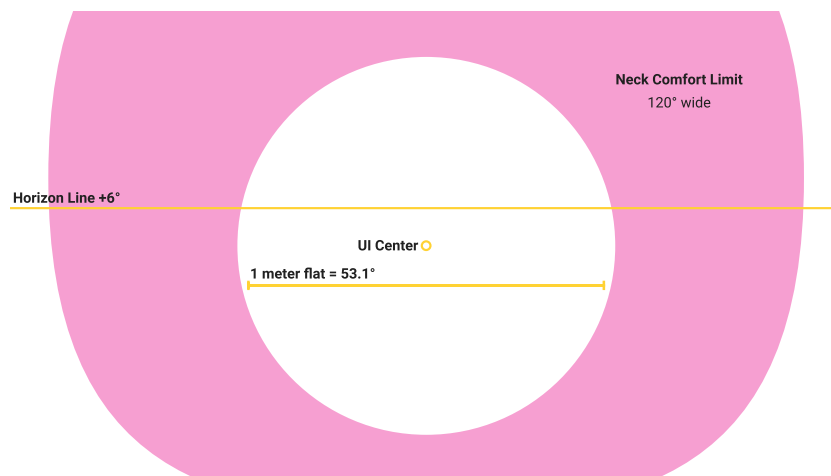


Figura 36. Guías de ergonomía de Google para interfaces en realidad virtual. (Google, 2018c)

Esta guía de diseño también plantea recomendaciones sobre la distancia a la que deben aparecer las interfaces con respecto al usuario y la distribución de estas en plano o en formato curvo. Para el prototipo actual, las interfaces se mostrarán en plano a una distancia de 2,5 metros que recomienda Google (McKenzie, 2017), pero se probará con usuarios si les parecerá cómodo o no esta solución.

8.4.2. Sistema de diseño

Un sistema de diseño es una colección de componentes reusables, guiados por claros estándares, que pueden juntarse para construir cualquier número de aplicaciones (In-Vision, 2018). Su utilización permite obtener una aplicación con un diseño coherente, reutilizable y escalable, a la vez que permite prototipar de forma más eficiente, tanto a la hora de diseñar como de implementar. Dedicar tiempo a definir un sistema de diseño permitirá dedicar menos tiempo a detalles estéticos, especialmente en fases iniciales del producto como es la actual.

8.4.2.1. Colores

El color primario de la aplicación será el azul, a partir del cual se han definido dos tonalidades de azul, una más clara y otra más oscura, y dos colores complementarios que puedan ser utilizados en otras circunstancias (ver Figura 37). Los colores azules aparecerán en todos los elementos interactivos que pueda tener la aplicación, como botones o textos que lancen acciones. La tonalidad azul clara servirá para resaltar los elementos interactivos, por ejemplo, cuando el puntero del mando se pose encima de un botón. La tonalidad oscura servirá para indicar acciones que están siendo utilizadas, como mantener un botón pulsado. El color naranja servirá para indicar estados de error o acciones negativas, como una cancelación o un cierre. El color amarillo servirá como color secundario al azul, para destacar elementos que no son interactivos.

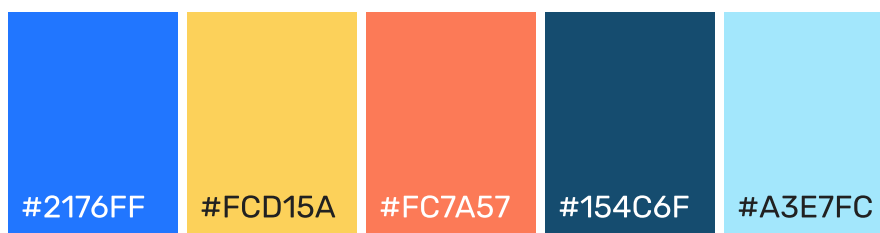


Figura 37. Colores primarios y secundarios del sistema de diseño. Elaboración propia.

En cuanto a la escala de grises, se han utilizado los colores recomendados por las guías de diseño de Google, utilizando los tonos más oscuros para textos y los más claros para los fondos de las interfaces, los cuales se muestran en la Figura 38.

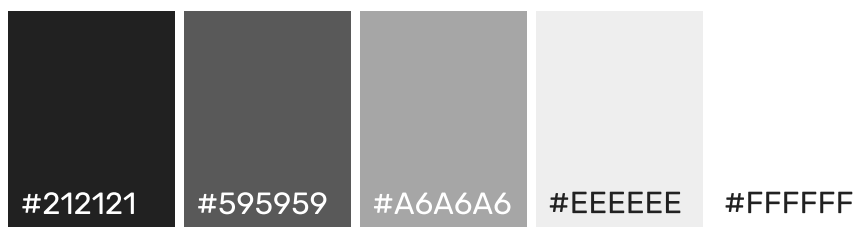


Figura 38. Escala de grises del sistema de diseño. Elaboración propia.

Se han incluido dos variantes de color gradiente para su uso decorativo (ver Figura 39), como puede ser el fondo de un botón. Se ha mantenido la misma lógica de colores, reservando el gradiente naranja para acciones negativas o errores y el gradiente azul para elementos interactivos.



Figura 39. Colores gradientes del sistema de diseño. Elaboración propia.

Se ha tenido en cuenta que los colores sean accesibles con el estándar AA, mostrando encima de cada color el color de texto que contrasta mejor con cada uno.

8.4.2.2. Tipografía

La fuente utilizada en la aplicación es Rubik (Hubert and Fischer, 2016) disponible en Google Fonts. Además de ser de uso gratuito, Rubik es una tipografía redondeada sin serifa adaptada para interfaces digitales, lo que facilita su lectura en pantallas. Las formas de las letras encajan con el diseño redondeado y moderno que se quiere dar a la aplicación. Dispone además de varios pesos que permiten variar su visibilidad cuando sea necesario. Se han definido cinco estilos de texto, cada uno orientado a una función específica en la interfaz para asegurar su consistencia visual.

TÍTULO

Tamaño 32 / Alto de línea 40

The quick brown fox put
on the Daydream View,
and played a game where
it jumped over the lazy
dog.

SUBTÍTULO

Tamaño 28 / Alto de línea 32

The quick brown fox put
on the Daydream Viewer,
and played a game where
it jumped over the lazy
dog.

DESCRIPCIÓN

Tamaño 20 / Alto de línea 24

The quick brown fox put on the Daydream
Viewer, and played a game where it
jumped over the lazy dog.

CUERPO

Tamaño 24 / Alto de línea 28

The quick brown fox put on the
Daydream Viewer, and played a
game where it jumped over the
lazy dog.

BOTÓN

Tamaño 24 / Alto de línea 28



Figura 40. Tipografía del sistema de diseño. Elaboración propia.

Los tamaños y altos de línea definidos siguen las recomendaciones de la guía de diseño para realidad virtual de Google (2018), para asegurar todo lo posible la legibilidad de los textos.

8.4.2.3. Iconos

Se han tenido que diseñar iconos para cada una de las acciones que se pueden realizar en la aplicación, dado que en el menú radial se muestran iconos junto con la etiqueta correspondiente para diferenciar las distintas acciones. Existen componentes que requieren de iconos aparte del menú radial, como la paginación de los exploradores, las rotaciones o el dictado por voz, entre otros. Todos los iconos han sido dibujados manualmente sobre una cuadrícula de 40 x 40 píxeles y con márgenes laterales de 8 píxeles, como se muestra en la Figura 38, para asegurarse de que todos tienen el mismo estilo y mantener la coherencia visual, lo cual no se respeta de utilizar iconos de procedencias distintas. Los iconos se utilizarán en color oscuro, azul gradiente, rojo y blanco según los casos en los que se utilicen.

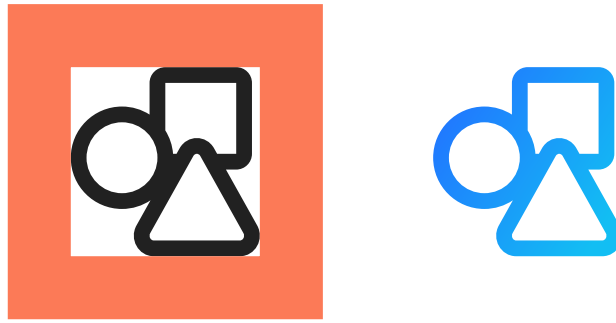


Figura 41. Cuadrícula de iconos del sistema de diseño. Elaboración propia.

Para cada uno de los iconos diseñados se ha pensado con detenimiento cuál es la figura que mejor representa la acción a realizar. Para algunas funcionalidades se han utilizado iconos de convenios conocidos mundialmente como la “lupa”, el “micrófono”, el “más”, la “cruz”, el “tick”, la “papelera” o el “ojo”. Para el resto de las funcionalidades se ha elegido un icono que permita establecer una relación con la acción que realiza, lo que permitirá al usuario detectarlos más fácilmente.



Figura 42. Iconos diseñados para el sistema de diseño. Elaboración propia.

Se ha utilizado la letra “T” para representar los elementos que contendrán texto, para que los usuarios identifiquen mejor las funcionalidades que los utilizan. Para las formas se ha representado el icono con la propia forma que inserta su acción, y se han agrupado varias formas dentro de un mismo icono para representar las opciones de Formas 3D y 2D, de forma que el usuario, viendo el icono, sepa que existen más opciones dentro de esta opción. Los iconos que contienen flechas indican movimiento o transiciones, y se utilizan para la paginación, para el tamaño del texto, para el movimiento frontal y para las rotaciones.

8.4.2.4. Componentes

Los componentes de la interfaz por lo general tendrán bordes redondeados de 20 puntos que incentiven al usuario a pulsarlos. Se ajustará este borde para componentes para diferenciar componentes entre sí, como las etiquetas de los objetos o las etiquetas

informativas de la opción que está seleccionada en el menú radial. En la Figura 43 se pueden ver distribuidos los diferentes componentes del sistema de diseño.

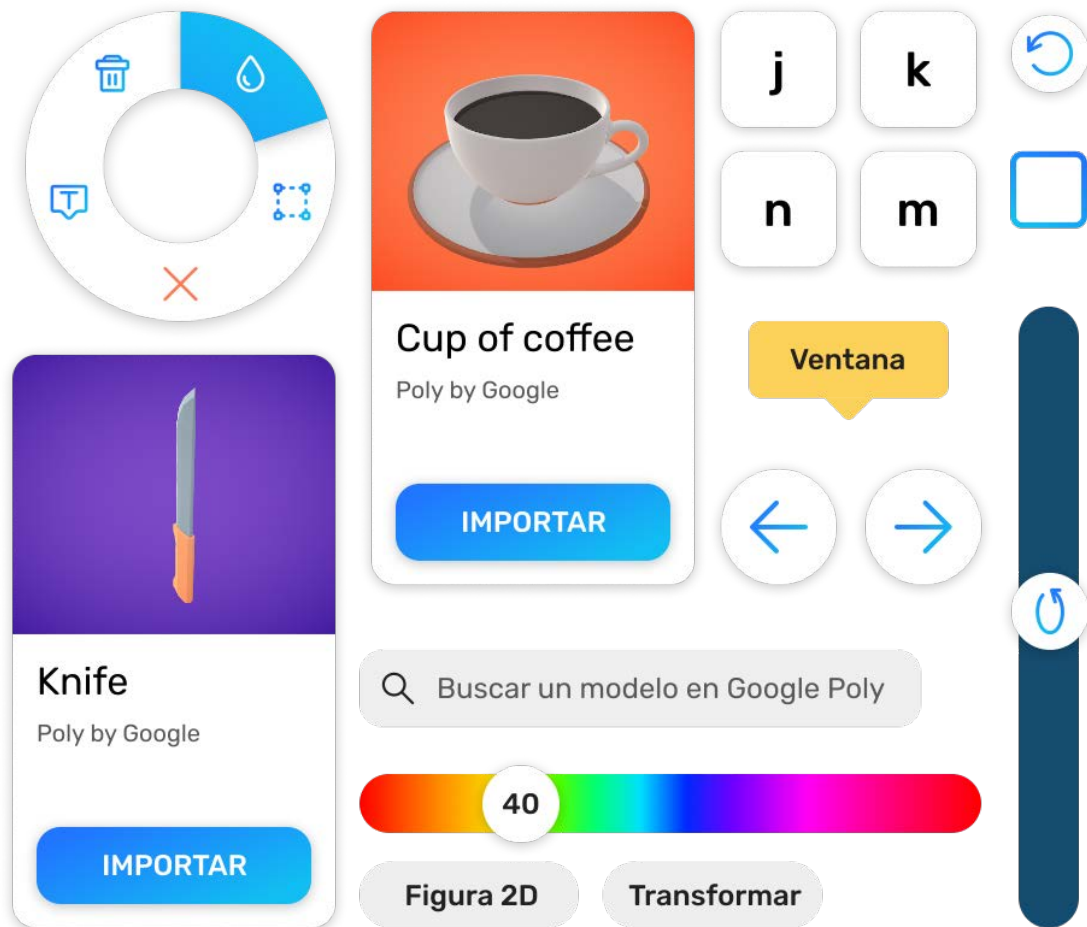


Figura 43. Ejemplos de componentes diseñados con el sistema de diseño. Elaboración propia.

Definido el sistema de diseño, ya se pueden aplicar sus reglas para diseñar e implementar las distintas interfaces de la aplicación.

8.5. Diseño de escena e iluminación

La escena por defecto de Unity es un espacio vacío, sin suelo próximo al usuario, en el que se puede ver un horizonte y un cielo azul. El hecho de que no exista suelo puede marear a los usuarios provocando vértigo por lo que la inclusión del suelo es necesaria, además de que un suelo es necesario para mostrar las guías de distancia y ergonómicas. El color del cielo puede influenciar en el diseño del prototipo, ya que el usuario podría probar su prototipo con un fondo azul y al pasar su prototipo a un fondo distinto los elementos podrían no verse de la misma manera. Por este motivo, cuanto más neutro sea el color, mejor para diseñar. Si bien un escenario oscuro puede ser más cómodo para la visibilidad del usuario, ya que en todo momento los ojos se encuentran mirando a una pantalla, un fondo más claro permitirá tener una buena iluminación en la escena y un buen contraste entre lo que pertenece a la aplicación y lo que el usuario ha

colocado. Por tanto, se utilizarán grises claros en vez del color blanco para evitar tener una escena sobreexpuesta a la luz.

La existencia de un espacio infinito alrededor del usuario puede ser abrumador, además de que el usuario puede perder la referencia de los tamaños de los elementos, importantes a la hora de colocarlos y redimensionarlos. Por este motivo, el escenario tendrá que estar más limitado, es decir, tendrá que tener paredes, un suelo y un techo, para que las referencias espaciales estén claras, y estas deberán ser de un color neutro claro. De todas formas, este espacio tendrá que ser lo suficientemente amplio para no causar incomodidad al usuario.

El modelo de iluminación por defecto de Unity no es válido para la aplicación a desarrollar, debido a que consiste en una fuente de luz parecida al sol, que se ubica a una distancia lejana y que emite luz y provoca sombras en una sola dirección. Este modelo, si bien permite tener una iluminación natural en la escena, impide que todos los objetos se vean de igual forma, ya que aquellos objetos a los que la luz les incida directamente se verán bien, pero aquellos objetos que se encuentren en contraluz se verán más oscuros, como se puede ver en la Figura 44. Dado que el usuario podrá diseñar su prototipo en todo el espacio que tiene a su alrededor, es necesario que todos los elementos se vean de la misma manera y no estén a contraluz.

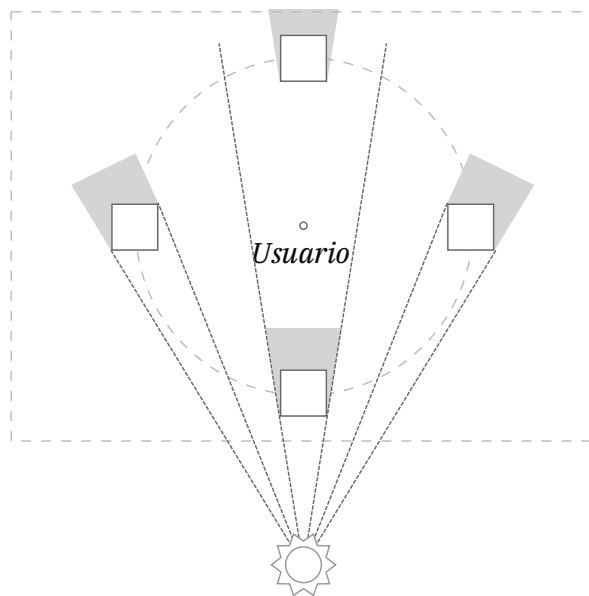


Figura 44. Problema de iluminación con luz solar. Elaboración propia.

Otro problema que existe con esta forma de iluminación es el realismo, ya que la existencia de una luz solar no podría atravesar las paredes de la escena. Esto podría dar a pensar que la luz debería estar dentro del espacio que forma la escena y no fuera. Por ejemplo, si se colocaran distintas luces repartidas por la escena se podría conseguir una luz más repartida y que no existiesen zonas oscuras, pero las sombras que se crearán serían múltiples para cada objeto al existir distintas fuentes de luz. Se podría desactivar la emisión de sombras de una fuente de luz, dejando una que sea la que las emita, pero esto quitaría realismo a la escena ya que podría ocurrir que un objeto esté

iluminado por una fuente de luz de una cierta manera y que la sombra no se corresponda con esta fuente de luz, por tanto, este modelo de iluminación no es el más adecuado. Otra alternativa sería poner una luz que emita en todas direcciones en el centro de la escena, de forma que los elementos que se coloquen alrededor de usuario estén igual de iluminados, pero la luz perdería potencia a medida que el objeto se aleja, y causaría una sobreexposición al colocar objetos cerca del usuario, porque tendrían la fuente de luz al lado, por lo que este modelo de iluminación tampoco es bueno. También se ha evaluado la posibilidad de mover la fuente de luz según el lugar a donde esté mirando el usuario, como si tuviera una linterna encima de la cabeza. De esta forma, los objetos que el usuario esté viendo se verían iluminados de la misma manera, y de mover la cabeza hacia otro lado, la iluminación se mantendría igual. Este modelo tiene dos problemas. El primero es que las sombras cambiarían de posición al realizar el movimiento, lo que además de quitar realismo a la escena puede causar mareos, ya que el movimiento de las sombras sería contrario al movimiento de la cabeza. El segundo problema es que, al mover la cabeza hacia arriba, la escena se oscurecería al estar la fuente de luz por debajo del suelo, y al mirar hacia abajo, el suelo se iluminaría directamente cambiando de color por efecto de la luz. Que el suelo cambie de color mientras se mueve la cabeza es un efecto confuso, además de que estéticamente no queda bien.

Las decisiones sobre el diseño de la escena y la iluminación deben ir ligadas, ya que una afecta a la otra. La solución final por la que se ha optado es una luz natural, que entra en la escena desde el techo, iluminándola de forma constante en toda su superficie. Además, la forma de la escena será redonda y con el techo cóncavo, para favorecer una distribución de la luz de forma uniforme, ya que cada rayo que entre rebotará en la superficie de la escena varias veces, por lo que la fuente de luz será distribuida. Si la luz no rebotara en la escena, la fuente de luz iluminaría los objetos desde arriba, creando sombras en los lados visibles por el usuario, por lo que oscurecería demasiado los objetos. Al estar la luz distribuida por la escena, estas sombras creadas pierden mucha fuerza, por lo que el objeto se encuentra iluminado en todos sus lados, mientras mantiene unas sombras naturales que hacen que sea percibido como un objeto en tres dimensiones. Este tipo de iluminación recibe el nombre de luz difusa. Una representación visual de esta solución de iluminación y del modelo de la escena puede verse en la Figura 45.

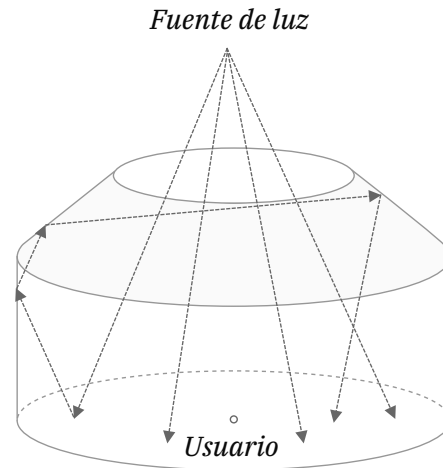


Figura 45. Diseño de iluminación y escena. Elaboración propia.

9. Implementación

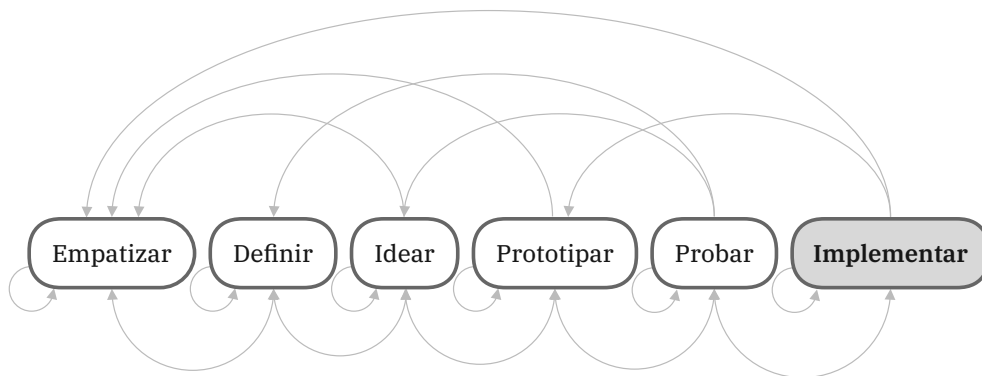


Figura 46. Metodología Design Thinking: Implementar. Elaboración propia a partir de Gibbons (2016).

Como se mencionó en el apartado 8, el diseño de interacción ha tenido que ir ligado a la implementación de cada una de las funcionalidades, especialmente para valorar la viabilidad de las decisiones de diseño y poder prototipar, ya que no se ha podido disponer de herramientas de prototipado en realidad virtual. Es por esto por lo que la parte de Implementar siguiendo la metodología de *Design Thinking* (ver Figura 46) se hace en este momento. La implementación ha consistido en desarrollar una a una las funcionalidades de forma separada, a modo de pruebas unitarias, para después, tras disponer de la interacción y diseño visual definidos, juntar todas estas pruebas en una sola aplicación aplicando los cambios necesarios para que funcione correctamente. El prototipo desarrollado en este trabajo corresponde con el que contiene las funcionalidades de la primera fase de prototipado. La aplicación no podrá ser entregada para la valoración del tribunal corrector de este trabajo debido a que su ejecución está restringida en dispositivos cuyo IMEI sea conocido, ya que se crea un archivo ejecutable único por cada dispositivo.

9.1. Tiempo de desarrollo

Tras tener definidas las funcionalidades a implementar en este prototipo, se priorizaron aquellas que resultaban más formativas en el desarrollo de Unity, dado que no se disponían de conocimientos de este motor gráfico a principios de este trabajo. Por tanto, las primeras pruebas se correspondían especialmente al manejo y personalización de objetos, para después pasar a otras funcionalidades más avanzadas y específicas que serían más fáciles de realizar con el conocimiento adquirido con la práctica del desarrollo de las funcionalidades anteriores. Todas y cada una de las funcionalidades desarrolladas aportaban nuevo conocimiento sobre la materia, por lo que uno de los objetivos de este trabajo ha quedado satisfecho en este sentido, ya que se ha podido obtener una mayor formación en realidad virtual.

No ha sido un proceso rápido, dada las limitaciones de tiempo existentes durante la realización de este trabajo. El desarrollo de la aplicación al completo ha llevado un total de 6 meses, como puede verse en la Figura 47, que muestra las contribuciones al repositorio de GitHub (2019) en el que se ha almacenado y versionado el prototipo durante todo su desarrollo. Se ha intentado mantener un ritmo de trabajo constante para poder disponer de la mayor cantidad de tiempo posible para desarrollar el prototipo final y redactar este documento, con caídas de aportaciones en diciembre y enero debido a la carga de estudios y exámenes. Se puede ver un incremento significativo de las contribuciones una vez finalizados estos meses, especialmente a finales de marzo, cuando empezaron a juntarse las pruebas para crear la aplicación que acabaría siendo el prototipo final.

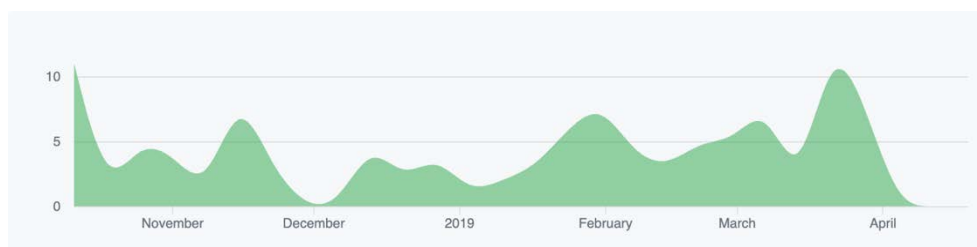


Figura 47. Contribuciones al proyecto, desde el 14 de octubre de 2018 al 3 de abril de 2019. (Github, 2019)

Se establecieron tres hitos durante el desarrollo del prototipo para poder facilitar la planificación del desarrollo y revisar la evolución del proyecto con los tutores. El primer hito se fijó en la segunda mitad de octubre para dar por finalizada la formación en Unity y empezar el desarrollo del prototipo. El segundo hito se fijó el 1 de febrero para dejar implementadas todas las pruebas de cada funcionalidad, el cual acabó retrasándose hasta el 11 de marzo. El tercer hito se fijó el 1 de abril para dejar terminado el prototipo completo, que acabó terminándose el 3 de abril.

9.2. Unity

Unity (2019c) es el motor gráfico utilizado para desarrollar este prototipo y con él se crean la mitad de los juegos del mundo. Para utilizarlo se necesita instalar en un ordenador su plataforma de desarrollo en tiempo real, que, “impulsada por herramientas y servicios, ofrece increíbles posibilidades para desarrolladores de juegos y creadores de distintas industrias y aplicaciones” (Unity, 2019c). La plataforma puede ser gratuita o de pago dependiendo de los ingresos que se generen con su uso, usando su versión gratuita para este trabajo. Además del precio, la compatibilidad con las gafas Samsung Gear VR y el kit de desarrollo oficial de Oculus (2019d) también han sido factores decisivos a la hora de elegir esta herramienta frente a otras.

Unity dispone de un editor (ver Figura 48) donde se crean las escenas de las experiencias, pudiendo manejar tanto elementos 2D como 3D y controlar los componentes de cada elemento o crear unos personalizados, que requieren de conocimientos de programación en el lenguaje C#. El uso de estos componentes es lo que permite añadir funcionalidad a la aplicación, además del resto de funcionalidades y herramientas que aporta la plataforma. Los scripts en Unity están dentro de objetos como componentes, de forma que para acceder a sus instancias es necesario buscar previamente el objeto que lo contiene. Tanto el uso del editor como de la programación en C# de los componentes del programa necesitan de formación, y los certificados en este programa están bien valorados en el mercado laboral.

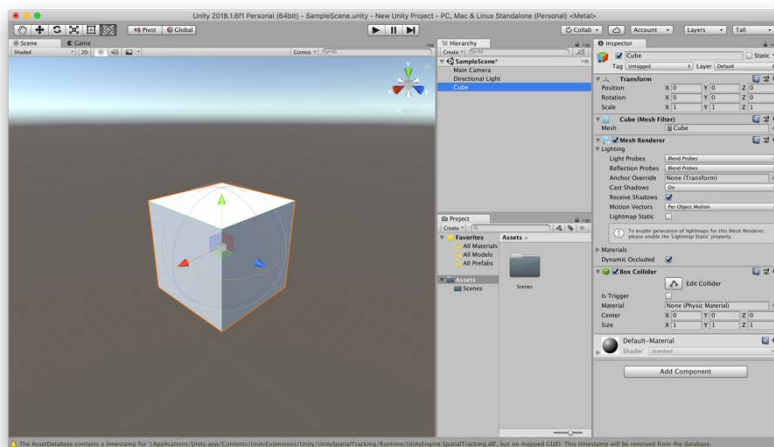


Figura 48. Editor de la plataforma de desarrollo de Unity. Captura de Unity.

Para utilizar la plataforma para desarrollar aplicaciones en realidad virtual es necesario integrarla con el kit de desarrollo de Oculus (2019e), específicamente el de plataformas 3DOF independientes como son las Oculus Go y las Samsung Gear VR. Una vez configurado el kit, ya podrá comenzarse el desarrollo. Aunque con el kit es suficiente para empezar, se ha utilizado otra librería llamada Virtual Reality Toolkit (2019), comúnmente conocida como VRTK (2019), ya que esta librería está creada específicamente para facilitar el desarrollo de aplicaciones en realidad virtual, proporcionando una colección de *scripts* y conceptos útiles que permiten ayudar a crear

soluciones en realidad virtual de forma fácil y rápida (VRTK, 2019). Además de por la gran cantidad de recursos que permite facilitar en gran medida el desarrollo de ciertas funcionalidades, se ha elegido por otros dos motivos. El primero de ellos es que la librería sirve para numerosas plataformas de realidad virtual, de forma que su código es usable tanto en Oculus Go y Gear VR como en Daydream u otras plataformas 6DOF. Esto permite que si en un futuro se desea extender la disponibilidad de la aplicación a otras plataformas este proceso sea más sencillo. El otro motivo es la posibilidad de tener un simulador de realidad virtual dentro del editor de Unity. Si bien el editor de Unity permite ejecutar la aplicación con darle a un botón, esta no permite mover la vista con la libertad que se puede con unas gafas de realidad virtual, a la vez que no dispone de los mandos para utilizarla. Con plataformas 6DOF que se conectan al ordenador sí es posible mostrar esto en el propio editor de Unity, pero para plataformas 3DOF independientes es necesario ejecutarlo en el propio dispositivo. El desarrollo para las Samsung Gear VR (idéntico al de las Oculus Go) es lento debido a que para probar lo que se ha implementado es necesario construir una aplicación instalable, transferirla al dispositivo e instalarla, y repetir este proceso por cada pequeño cambio que se realice. El simulador que proporciona VRTK es un simulador completo que cuenta con todas las interacciones de los mandos posibles a excepción del panel táctil que por imposibilidades del hardware no se puede simular. La existencia de este simulador ha permitido acelerar en gran medida el desarrollo de la aplicación ya que en unos 3 segundos la aplicación ya podía ejecutarse y probarse en el ordenador.

9.2.1. Organización del proyecto

El proyecto de Unity se estructura de la siguiente manera:

- *Materials.*
Esta carpeta reúne todo lo relacionado con los materiales personalizados que se han creado para la realización de la aplicación. El uso de cada material se explicará en el apartado correspondiente a cada funcionalidad, en el apartado 9.3.
- *Plugins.*
Esta carpeta es necesaria para la compilación de la aplicación, ya que es donde se encuentran los archivos que contienen el número OSSIG del dispositivo en el que se va a instalar la aplicación y que lo identifica de forma única. Por cada dispositivo en el que se quiera instalar la aplicación en desarrollo, se debe incluir en esta carpeta un archivo que contenga el número OSSIG de ese dispositivo. Este archivo es generado por Oculus a partir del número OSSIG del dispositivo.
- *Resources.*
Esta carpeta reúne todos los objetos y elementos de la aplicación que estén predefinidos, es decir, cuya forma y estructura esté definida antes de ejecutarse la aplicación. En esta carpeta se incluyen todas las interfaces que van a mostrar la aplicación, los distintos menús radiales, sonidos y elementos que se pueden añadir a la escena, como formas, imágenes y textos.

- *Scenes.*

Esta carpeta contiene las escenas que se han programado durante el desarrollo de la aplicación. Para cada funcionalidad, se ha creado una escena distinta que permitía atomizar su comportamiento. El prototipo final de la aplicación solo está formado por una escena que contiene todas las funcionalidades, por lo que esta escena también está incluida aquí junto con las demás. Aunque el resto de las escenas no sean utilizadas para la aplicación, se mantienen para poder facilitar correcciones posteriores. Al fin y al cabo, al generar la aplicación solo se incluirá una escena, por lo que la acumulación de más escenas en esta carpeta no aumenta el tamaño de la aplicación instalada.

- *Scripts.*

Esta carpeta contiene todos los archivos de C# que se han creado para el desarrollo de todas las funcionalidades. Los archivos que se correspondan con cada funcionalidad se mencionarán en el apartado correspondiente a cada funcionalidad, en el apartado 9.3.

- *ThirdParty.*

Esta carpeta contiene todo el código de terceros que se ha utilizado para desarrollar la aplicación. El uso de cada librería se explicará en el apartado correspondiente a cada funcionalidad, en el apartado 9.3.

- *Oculus.*

Para el desarrollo en las plataformas de Oculus es necesario disponer de su kit de desarrollo, que debe estar incluido en la estructura del archivo. Esta carpeta contiene todo el código que permite comunicar Unity con las gafas de realidad virtual que se utilicen.

9.3. Desarrollo de funcionalidades

A continuación, se explicará cómo se ha desarrollado cada una de las funcionalidades en el mismo orden en el que se mencionaron en el apartado 8.3, incluyendo los problemas encontrados y las soluciones aplicadas. En general, se ha asegurado de que, al implementar una funcionalidad nueva a la aplicación, se mantenga un nivel de fotogramas por segundo muy cercano a 60, lo que asegurará que las gafas tengan menos posibilidades de causar mareos al usuario. Se ha grabado un vídeo¹ a modo ilustrativo que presenta el flujo de tareas que se propondrán a los usuarios al probar la aplicación, en el que se puede ver el funcionamiento de las funcionalidades aquí explicadas en movimiento.

¹ Salomone, N. (17 junio, 2019). *Pruebas de usuario de Bóveda*. [Archivo de video]. Recuperado de <https://youtu.be/YzJRYm4iWwg>.

9.3.1. Menú radial

Para la realización del menú radial se ha utilizado uno de los recursos que proporciona la librería VRTK, *RadialMenu* (VRTK, 2017), el cual proporciona una base sobre la que se pueden crear menús radiales personalizados, incluyendo el número de opciones, el control de interacciones y el estilo. Su funcionamiento se basa en la detección de la ubicación del dedo sobre el panel táctil (medido en coordenadas), la detección de los eventos de clic, focalización y abandono de las distintas opciones.

Para implementar la navegación se ha modificado el *script* original de la librería que controla el comportamiento del menú radial, creando un método que se invoca al detectar un clic en una opción, que dependiendo de la opción pulsada crea un nuevo menú, comienza una nueva acción o ambas. Para centralizar el cambio de un menú por otro se ha creado la clase *RadialMenuManager*, de la cual solo existirá una instancia dentro del objeto del mando, y que se encargará del cambio del menú activo en ese momento por otro que reciba por parámetros. Al ubicarse dentro del mando, otras clases podrán acceder a la instancia de esta y a sus métodos. De crear y ocultar según sea necesario los menús correspondientes, el rendimiento se vería afectado, además de que la detección del dedo no estaría activada *a priori*, lo que forzaría al usuario a levantar el dedo del mando para seleccionar una opción del nuevo menú, lo que puede afectar a la fluidez de este. Para hacer más fluido el cambio de menús, se ha decidido tener todos los tipos de menú creados desde un principio, mostrando un solo menú y ocultando el resto. La clase *RadialMenuManager* también se asegura de que no se muestran más de dos menús al mismo tiempo, evitando así conflictos de detección de la posición del dedo. Para los casos en que las opciones del menú comiencen una nueva funcionalidad, se ha creado la clase *ShapeActionType* que recoge identificadores de las posibles acciones que se pueden realizar en la escena, de forma que otras clases puedan diferenciar qué acción está siendo ejecutada en cada momento, ya que cuando se seleccione la opción en el menú se guardará el tipo de acción como atributo de la clase *RadialMenuManager*, accesible desde cualquier clase que pueda acceder al mando.

Para poder realizar el estilo visual, el cual se puede ver implementado en la Figura 49, se han requerido los exportables de los iconos de las distintas opciones, tanto en azul como en blanco, y la textura del gradiente azul cuando se focaliza una opción, dado que el gradiente no se puede generar por código. Una vez dividido el menú en las opciones correspondientes, se asigna cada icono con su opción. Para realizar el cambio de estilo al pulsar y focalizar una opción, ha sido necesario implementar el cambio de texturas por código, creando métodos que intercambian tanto los iconos como las texturas de la propia opción cuando el evento correspondiente se detecta, volviendo a su estado normal en el caso de que el dedo abandone la superficie en la que se encuentran. Además del estilo visual, al seleccionar una de las opciones se cambia el texto que muestra la etiqueta de la opción que se encuentre focalizada en ese momento.

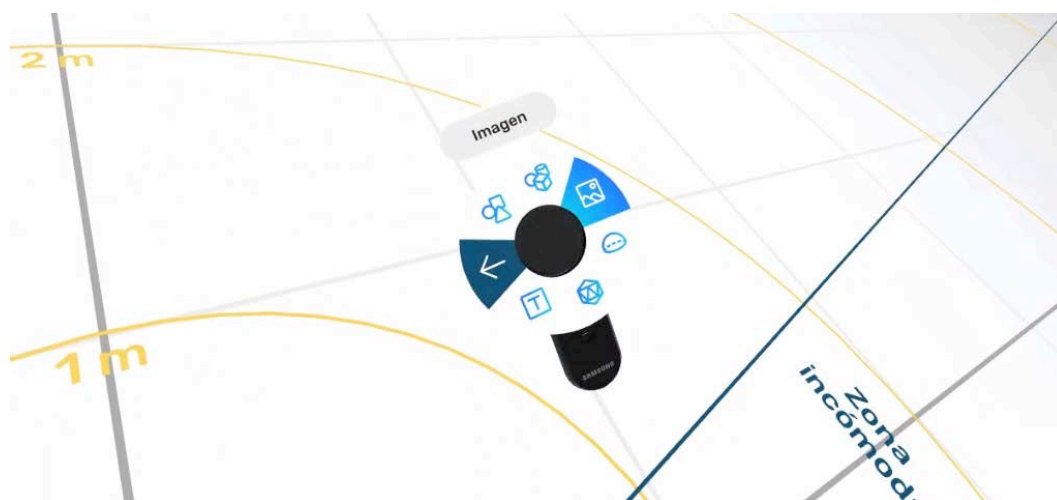


Figura 49. Captura a tiempo real del menú radial. Elaboración propia.

9.3.2. Botón “Atrás”

Para controlar el funcionamiento del botón “Atrás” se ha creado la clase *BackButtonManager* que se encarga de escuchar eventos de clic de este botón cuando se estén realizando acciones en ese momento. Cuando *RadialMenuManager* cambia el menú radial a un estado en el que el botón “Atrás” necesita estar activo, se comunica con la clase *BackButtonManager* indicándole que debe habilitar el botón, quedando esta clase a la escucha de eventos de clic gracias a las herramientas que proporciona la librería VRTK. En el momento en que se detecta uno, la clase se comporta de una manera determinada dependiendo de la acción que se esté realizando para eliminar objetos e interfaces, cambiar el menú radial o los estilos según sea necesario para la cancelación de la acción correspondiente.

En cuanto a estilo visual, el botón se rodea con un borde de color rojo para resaltarlo con la ayuda de la librería *Quick Outline* (Nolet, 2018), la cual traza alrededor del dibujo del objeto en pantalla un borde personalizado. También se muestra al lado del botón una etiqueta roja con el literal “Cancelar” para indicar al usuario la acción que realiza el botón. Esta implementación se puede ver en la Figura 50. En el caso de los menús de opciones de un objeto, no se muestra una interfaz en el botón ya que el menú radial lo tapa y ya contiene una indicación visual para cancelar, pero igualmente queda habilitado para su uso.



Figura 50. Captura en tiempo real del botón “Atrás”. Elaboración propia.

9.3.3. Añadir un elemento

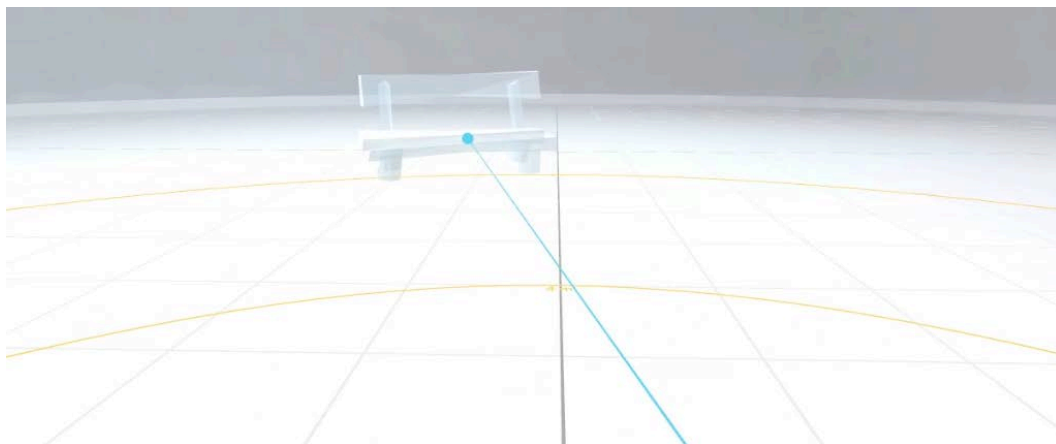
Cuando se añade un objeto, este aparece en formato transparente hasta que se confirma la posición donde el usuario quiere colocarlo. El objeto se mueve junto con el mando, y se encuentra siempre a la misma distancia del mando mientras se realiza la colocación. Con el fin de evitar conflictos en la detección de la posición en la que se encuentra el mando, se ha decidido centralizar todo tipo de instanciación de objetos en una misma clase, *InstanciarForma*, que realice este funcionamiento colocando el objeto que reciba por parámetros, incluyendo la instanciación de las distintas interfaces que pueden ser invocadas. Esta clase estará añadida como componente del objeto del mando del usuario, para acceder de forma más eficiente a su información y asegurarse de que solo una instancia está creada durante la ejecución de la aplicación.

Dado que el mando siempre proyecta un rayo a modo de puntero, se ha utilizado el componente *VRTK_Pointer* que proporciona la librería VRTK, el cual permite generarlo de forma sencilla y acceder a la información de este. Concretamente, se accederá a la posición del mando en el espacio, su vector delantero, que permitirá saber hacia dónde está mirando, y su rotación, ya que los objetos rotarán a la vez que el mando rote mientras están siendo colocados. Para hallar la posición en la que los objetos deben mostrarse mientras están siendo colocados se realiza la operación vectorial (2):

$$posicion_{objeto} = posicion_{mando} + delantero_{mando} \cdot distancia\ de\ aparición \quad (2)$$

La ecuación anterior tiene en cuenta la distancia a la que los objetos deben separarse del mando, por lo que el objeto aparecerá en la posición del mando con una translación aplicada hacia donde esté apuntando en la magnitud que indique su distancia. En este caso, la distancia definida para la aparición de objetos es de 3 metros, hallada con prueba y error. Mantener constante la distancia durante el movimiento permitirá realizar el movimiento esférico alrededor del usuario que estaba definido. Al objeto se

le aplicará la misma rotación que tiene el mando para asegurarse de que el objeto siempre mira hacia este. Durante la colocación el usuario tendrá un botón sobre el panel táctil, “Confirmar”, y si lo pulsa el objeto queda posicionado en el lugar donde se encuentre, dando por finalizada la colocación. Si el usuario pulsa el botón “Atrás”, el objeto transparente desaparece y el menú radial vuelve a mostrar las opciones en las que se encontraba el usuario anteriormente. La colocación del objeto puede verse en la Figura 51.



*Figura 51. Captura en tiempo real de la inserción de un modelo de un banco en la escena.
Elaboración propia.*

En el caso de la instanciación de interfaces, el cálculo de su posición sigue la misma ecuación, pero los vectores utilizados en ella son más limitados. La posición del mando no se utiliza dado que el mando puede estar apuntando hacia cualquier dirección cuando una interfaz es invocada, por lo que se utilizará la posición y el vector delantero de las propias gafas, es decir, la dirección hacia la que el usuario está mirando. Los vectores están limitados porque no tiene en cuenta si el usuario está mirando arriba o abajo forzando a que el menú siempre aparezca delante del usuario (se elimina el eje “Y” de la posición), ni la rotación lateral de la cabeza evitando que el menú pueda aparecer girado (eliminando la rotación en el eje “Z”). La distancia de aparición de los menús es de 2,5 metros como estaba definido. Las clases correspondientes a cada interfaz serán las encargadas de comunicarse con esta clase para instanciarlas, obteniendo la clase al buscar el mando del usuario. Las interfaces se colocan directamente en la posición que corresponda, sin que el usuario pueda decidir donde colocarlas previamente como con los objetos.

En lo correspondiente al apartado visual, el formato transparente se aplica a los modelos y formas tridimensionales cambiando su material a uno personalizado que utiliza un color azul con transparencia aplicada, dando un aspecto fantasmal a la previsualización del objeto, lo cual se puede ver en la Figura 51. En cuanto a textos y objetos bidimensionales se cambia el color de sus texturas añadiendo un porcentaje de su canal *alpha* para crear la transparencia.

9.3.4. Mover un elemento

El movimiento de los elementos es controlado por la clase *SeleccionarFigura*, la cual se encarga también de realizar las selecciones de los objetos. La clase se encarga de manejar estas dos funcionalidades a la vez para evitar conflictos en la detección de los botones que se pulsen en el mando, ya que dependiendo de qué botón se esté pulsando y a qué objeto se está apuntando, el resultado es distinto. De separar estas dos funcionalidades en dos clases diferentes, podrían repetirse interacciones o detectarse de forma incorrecta o a destiempo. El movimiento de un objeto o interfaz se producirá cuando el usuario esté apuntando a uno de ellos y pulse el gatillo, controlando que no se está colocando un objeto en ese momento (ya que el rayo estaría apuntando a un objeto transparente que no se quiere mover de esta manera) ni que el objeto apuntado es una etiqueta, ya que esta no se puede separar del objeto al que está anclada.

El movimiento del objeto o interfaz se realiza utilizando la misma operación que la instanciación de un objeto para calcular su posición, con la diferencia de que la distancia a la que se encontrará del mando se mantendrá igual a la distancia a la que se encuentre en ese momento, en vez de una distancia predefinida. Esto permitirá realizar un movimiento esférico alrededor del usuario ya que la distancia permanecerá constante durante el movimiento. La distancia se calculará teniendo en cuenta la distancia entre el mando al centro del objeto y no al punto de colisión del rayo con el objeto, ya que el objeto cambiaría su posición simplemente con pulsar el gatillo y no es el comportamiento deseado.

Mientras se tenga presionado el gatillo del mando, se tendrá que mostrar un menú radial con dos opciones, de forma que si el usuario pulsa “Alejar” el objeto aumentará su distancia y si pulsa “Acercar” el objeto disminuirá su distancia, ambas variaciones en incrementos de $\pm 0,5$ metros. La variación de la distancia afectará a la operación que calcula la posición de la figura, provocando el movimiento frontal del objeto. Estas opciones se pueden ver en la Figura 52.

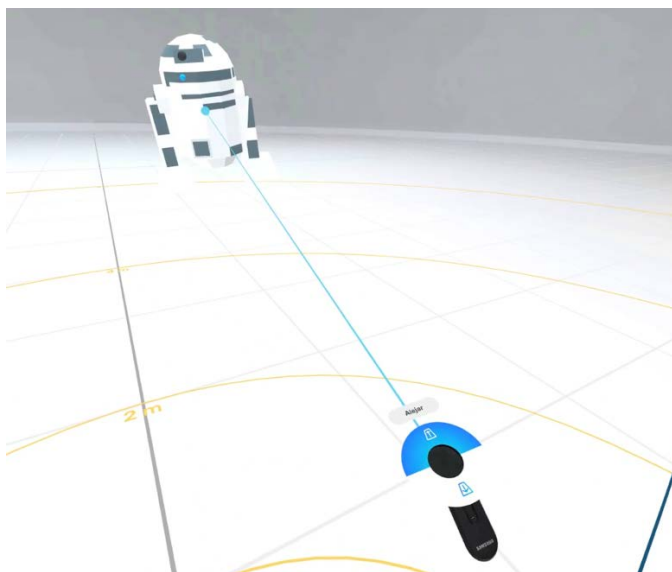


Figura 52. Captura en tiempo real del movimiento frontal de un modelo. Elaboración propia.

9.3.5. Selección de un objeto

Continuando la explicación de la clase *SeleccionarFigura*, la selección de un objeto también es controlada por esta clase. La selección se produce cuando el usuario pulsa el panel táctil mientras se encuentra apuntando a un objeto, el cual mostrará un borde amarillo a su alrededor indicando que el objeto ha sido seleccionado.

Cuando la selección se produzca, dependiendo del tipo de objeto que se seleccione, aparecerá un menú radial con las opciones del objeto que corresponda. Para diferenciar el tipo de objeto que está siendo seleccionado se ha creado la clase *Shape-Data* (también utilizada por otras clases de la aplicación), que se encarga de analizar el contenido de los objetos y sus componentes para detectar si el objeto es una forma bidimensional o tridimensional y de qué tipo es, o si es un modelo de Google Poly o un texto. Además de controlar la aparición de los menús radiales de las opciones de los objetos, la clase se encarga de detectar cuándo se está posando el rayo proyectado desde el mando sobre un objeto o no, con el objetivo de mostrar un botón “Seleccionar” cuando esto ocurra.

La selección del objeto es de las acciones más importantes de la aplicación, ya que muchas de las clases encargadas de las distintas funcionalidades actuarán sobre al objeto que está siendo seleccionado o en su defecto, sobre el último objeto seleccionado. Para asegurarse de que solamente existe una única clase que almacene la referencia del último objeto seleccionado, se ha creado un *Scriptable Object* llamado *ObjectsManager*, ya que este tipo de objeto en Unity no necesita añadirse como componente a ningún objeto de la escena para funcionar, sino que existe de forma autónoma. La existencia de este objeto permite almacenar información que necesitan varias clases y facilita la comunicación entre ellas, ya que todas acceden a la misma referencia y a la misma instancia, por lo que tendrán el dato siempre actualizado. Además,

utilizar este tipo de objeto frente a otros permite guardar su referencia en objetos predefinidos, o *Prefabs* en Unity, ya que este tipo de objetos, al estar creados con anterioridad y ser autónomos, no pueden guardar referencias de objetos que existan en la escena, ya que estos pueden cambiar, sí pudiendo guardar referencias de un *Scriptable Object* al compartir características. Esto ahorra costes de búsqueda de objetos y mejora el rendimiento de la aplicación.

Dado que esta clase dispone de los medios para poder controlar el objeto seleccionado y el control sobre los menús que aparecen, se ha decidido incluir la funcionalidad de eliminar un objeto dentro de esta clase.

En el aspecto visual, la selección mostrará un borde amarillo alrededor del objeto utilizando la librería *Quick Outline* (Nolet, 2018), la cual traza alrededor del dibujo del objeto en pantalla un borde personalizado, el cual se puede ver en la Figura 53. Esta librería es la que mejor resultado ha dado en comparación a las muchas probadas para conseguir este efecto, tanto por su facilidad de uso y eficiencia como por el resultado visual. Desgraciadamente, para conseguir este efecto es necesario que el objeto tenga una malla tridimensional que permita trazar el borde alrededor del dibujo de esta en pantalla, y dado que las formas bidimensionales o las imágenes no tienen este tipo de mallas, no se ha podido incluir un borde que permita seleccionarlas. Si bien existen librerías como *2D Sprite Outline* (Fiani, 2019), estas redibujan la textura de la imagen para incluir un borde, el cual se deforma al aplicar escalado a este tipo de objetos y en el caso de las imágenes, cambia de grosor según el tamaño de la imagen importada. Por tanto, la selección visual es una funcionalidad que no se ha podido implementar de forma completa.

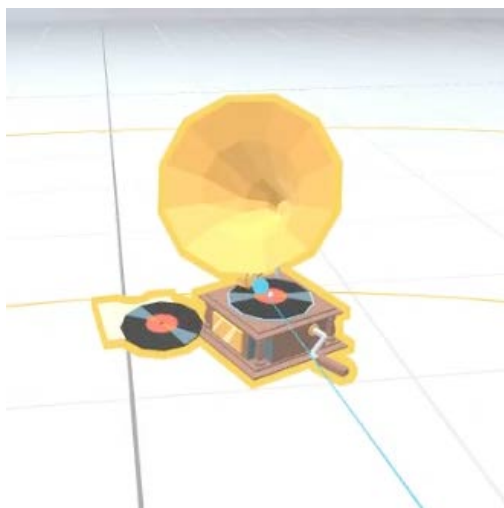


Figura 53. Captura en tiempo real de un modelo seleccionado. Elaboración propia.

9.3.6. Transformación de un objeto

Esta funcionalidad es la que mayor tiempo ha llevado desarrollarla, debido a la complejidad matemática que conlleva y a las variaciones de casuísticas que afectan al escalado y a la rotación según el estado en el que se encuentra la figura y su interfaz.

Para controlar la transformación de un objeto, es necesario crear un objeto padre invisible que contenga al propio objeto. De esta forma, se podrán crear elementos de la interfaz anclados al objeto sin que esto se vean afectados por las transformaciones que reciba el objeto, por ejemplo, la interfaz de transformación de los objetos no debería rotar cuando el objeto rote, sino mantenerse inmóvil. El objeto padre tendrá el tamaño del objeto hijo, pero solamente el hijo tendrá aplicadas las transformaciones. Por tanto, para un objeto de la escena, los valores de rotación y escala se obtendrán del objeto hijo y la posición en la que se encuentra del objeto padre.

Cuando la opción “Transformar” del menú de opciones del objeto se seleccione, aparecerá la interfaz de transformación anclada al objeto y en el mando se habilitará el botón “Atrás” para cancelar la acción y se dejará libre la superficie del panel táctil para que el usuario interactúe con la interfaz de forma libre. Se dispone de un objeto predefinido o *Prefab* que contiene la interfaz necesaria, por lo que basta con referenciar a este para incluirlo dentro del objeto padre del objeto que esté seleccionado en ese momento. A partir del momento en que la interfaz se crea, la clase *TransformButtonsManager* que incluye como componente comienza a funcionar, realizando dos acciones principales. Primero adapta el tamaño de la interfaz al tamaño del objeto seleccionado para que aparezca contenido dentro de la misma. Esto se consigue obteniendo el tamaño del objeto padre a través de su componente *Collider*, el cual permite obtener el tamaño del objeto independientemente de la rotación que tenga aplicada, ya que un objeto puede ocupar más espacio frontal según se rote sin necesidad de cambiar sus dimensiones, como se muestra en los ejemplos de la Figura 54.

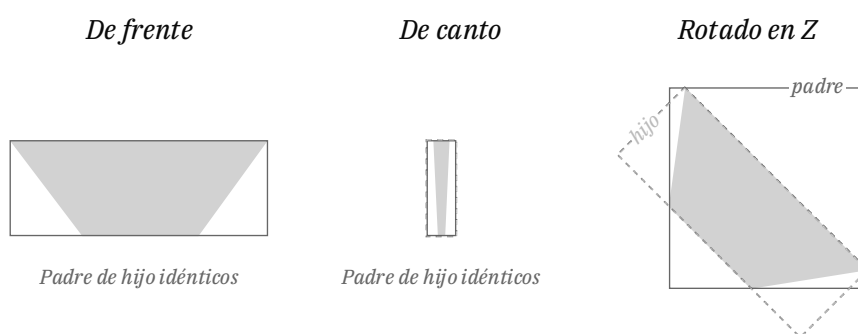


Figura 54. Comparación de tamaños frontales entre objetos padre e hijo. Elaboración propia.

Una vez obtenido el tamaño del objeto, el tamaño de la interfaz será la suma de este con un margen de 0,75 a cada lado para que la interfaz consiga rodear al objeto. La segunda acción que realiza esta clase es el escalado de sus elementos en base a la distancia a la que se encuentre el objeto del usuario. Esto se consigue escalando el tamaño de sus elementos por un factor de $\frac{1}{4}$ por cada metro de distancia que exista entre

el usuario y el objeto, dado que este factor mantiene el mismo tamaño percibido del objeto jugando con la perspectiva de la escena. Este escalado se aplica a partir de los 4 metros de distancia, ya que por prueba y error se ha visto que no es necesario escalar la interfaz para objetos que estén más cerca de esta distancia. Además, se fuerza a la interfaz a no rotar en el eje “Z”, para que aparezca siempre alineada con el suelo, y a rotar para que se muestre siempre de cara al usuario, para evitar que la interfaz se muestre girada por algún movimiento en el objeto.

En la Figura 55 se puede ver la interfaz implementada de la transformación, la cual se ha configurado de forma fluida elemento por elemento para que todo permanezca en su sitio sea cual sea el tamaño de la interfaz y ningún elemento sufra deformaciones. Para evitar distracciones, los controles de la rotación se ocultan cuando un manejador de escala está siendo utilizado, y se vuelve a mostrar cuando no. Se mostrará un cuadro en la parte izquierda de la interfaz donde se listen las dimensiones del objeto: su altura, su anchura y su longitud en metros.

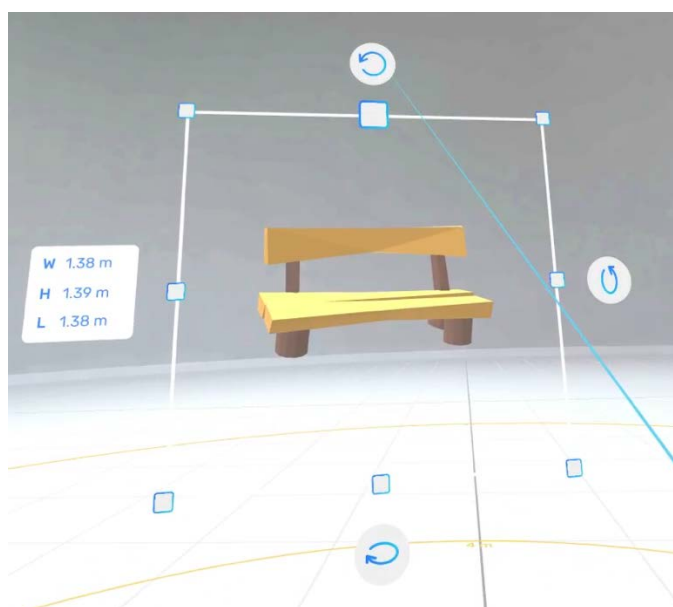


Figura 55. Captura en tiempo real de la transformación de un modelo. Elaboración propia.

9.3.6.1. Rotación

La rotación de los objetos se realiza por medio de tres controles deslizantes cuyo valor por defecto se encuentra en el cero, correspondiéndose al centro del carril, para permitir variaciones de sus ángulos tanto positivas como negativas. Para controlar el efecto que tiene cada control deslizante, se ha creado la clase *RotationSliderManager*, la cual tiene en cuenta a cuál de los tres controles pertenece.

Unity proporciona llamadas automáticas al método de la clase que se le indique cuando se produce un cambio en el valor del control deslizante, por lo que cuando se produzca un cambio se llamará al método de la clase que aplica las rotaciones al objeto seleccionado. Cada controlador aplicará una rotación al objeto en el eje “X”, “Y” o “Z”

según corresponda, teniendo en cuenta que el valor que marca el control deslizante es la variación en ángulos que se aplica a la rotación del objeto y no los ángulos de rotación que se le aplicarán, es decir, si la figura tiene una rotación aplicada de 30° en uno de sus ejes y el control deslizante del mismo eje tiene un valor de $+30^\circ$, la rotación final del objeto serán 60° y no 30° . Esto implica que se debe almacenar el ángulo de rotación correspondiente a cada eje para aumentarlo o disminuirlo cada vez que el control cambie su valor. Sin embargo, el valor que se muestra al usuario en el *tooltip* del control deslizante siempre será el ángulo de rotación que tiene la figura y no su variación, ya que de cara al usuario es más fácil de manejar. El comportamiento que Unity tiene por defecto para las rotaciones es acumularlas, dado que son operaciones matemáticas una tras otra y el resultado de una depende las anteriores. Este comportamiento lo que produce es que el objeto rotará sobre sí mismo en el eje que corresponda, por lo que, si una figura se encuentra rotada, girará sobre sí misma en vez de en la dirección que la interfaz le indique, como se muestra en la Figura 56. Para que la rotación se produzca en la misma dirección en la que la interfaz está siendo manipulada, la rotación tiene que aplicarse tomando como referencia el padre del objeto y no el propio objeto. Esto es debido a que como el objeto es el que sufre las rotaciones y no el padre, el padre siempre tendrá sus ejes posicionados en la misma posición que los ejes globales. De esta manera, el objeto girará en la misma dirección en la que se mueve el control deslizante independientemente de la rotación que tenga aplicada, como en la Figura 56.

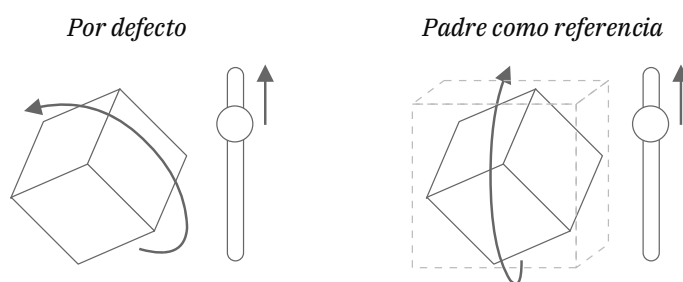


Figura 56. Comparación de rotaciones en Unity. Elaboración propia.

Dado que el control deslizante debe realizar acciones cuando se pulsa y cuando se suelta, es necesario controlar cuándo estos eventos ocurren, por lo que tendrá que detectarse continuamente cuándo el puntero del mando apunta a estos componentes y cuando se pulsa el panel táctil y cuando se suelta. Cuando se pulse sobre el control deslizante, se debe mostrar al usuario el carril por el que puede mover el manejador y el *tooltip* que le indica el ángulo de rotación, lo cual se puede ver implementado en la Figura 57. También se deben ocultar el resto de los elementos de la interfaz que pueden distraer mientras se manipula el control, a la vez que se inicializan todas las variables implicadas en la rotación del objeto. Cuando el control se suelta, lo que estaba oculto pasa a estar visible y viceversa, además de que se reajusta el tamaño de la interfaz ya que con la rotación la figura puede ocupar más espacio visual.

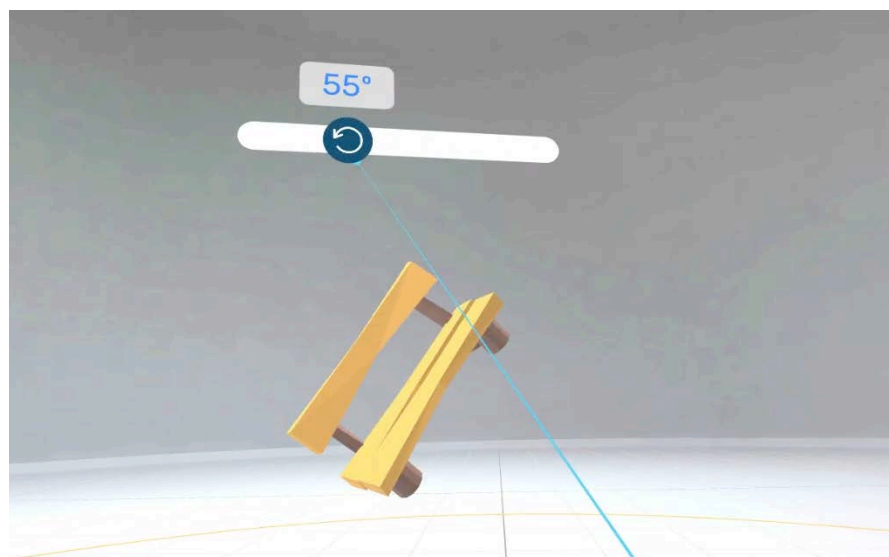


Figura 57. Captura en tiempo real de una rotación de un modelo en el eje “Z”. Elaboración propia.

Uno de los problemas que implica la rotación es que el objeto puede rotarse de forma que tape los elementos de la interfaz y estos no puedan ser manipulados, ya que el puntero del mando no puede atravesar las superficies de las formas. La solución que se ha planteado es utilizar un tipo de material sobre los elementos de la interfaz que permiten que ningún otro elemento de la escena pueda ocluirlos y siempre sean visibles e interactivos, por lo que, de tener una figura rotada, la interfaz siempre se mantendría por delante del objeto en el caso de que exista oclusión.

Al ser la realidad virtual muy nueva, existen numerosos fallos incluso en las versiones oficiales de los kits de desarrollo de los fabricantes, por lo que están en constante actualización. En esta interfaz se han tenido que controlar dos errores de forma manual ya que no es posible evitarlos hasta que los desarrolladores de estas librerías no los solucionen. Debido a un error desconocido con los controles deslizantes, cuando se produce el primer contacto con el control utilizando el puntero del mando, el control se establece a su posición por defecto, es decir, lo más a la izquierda posible, ya que no están diseñados para comenzar en el centro, lo que provoca que el objeto gire en un ángulo negativo nada más pulsar sobre él. No solo sucede una vez, sino dos veces consecutivas, ya que por un error en la librería de VRTK, cuando se interactúa sobre un elemento de interfaz nativo de Unity, como es el caso, un único clic es detectado como si hubieran sido dos, por lo que este comportamiento tiene que ser evitado en todas las funcionalidades que hacen uso de estos elementos nativos. Se ha conseguido solucionar estableciendo un contador de clics detectados que a partir de que llegue a dos clics permita manejar con libertad el control deslizante, estableciendo su posición en el centro del control. A partir de este momento, cada vez que se hace clic sobre uno de los controles, habrá que controlar que solo se detecte un único clic en vez de dos. En la ejecución es prácticamente imperceptible, por lo que se considera una solución satisfactoria a la vez que simple.

9.3.6.2. Escalado

El escalado de la figura se realiza por medio de ocho manejadores dispuestos rectangularmente alrededor del objeto, que permiten escalarlo tanto por un solo eje como por dos, manteniendo en este caso la relación de aspecto. De la misma forma que con la rotación, se ha creado una clase llamada *ScaleButtonManager*, que tiene en cuenta a cuál de los ocho manejadores pertenece.

Dado que el control de estos manejadores no es nativo, se ha tenido que programar desde cero. Esto implica que cada manejador tiene que detectar cuando el mando le está apuntando y cuándo pulsa el panel táctil para interactuar. Para facilitar la interacción con estos manejadores, se incrementa el tamaño de estos hasta tener las dimensiones recomendadas por Google en sus guías de diseño (McKenzie, 2017) cuando el puntero del mando se aproxima a estos, disminuyéndose cuando se aleja (ver Figura 58). El puntero del mando cambiará la posición del manejador con la limitación de que el manejador solamente se mueve horizontal o verticalmente salvo que se esté manipulando un manejador de relación de aspecto, y la distancia en la que el manejador de mueva será la cantidad que se escalará la interfaz, ya que la interfaz también tiene que cambiar de tamaño junto con el objeto. Como el comportamiento por defecto del escalado en Unity es escalar un eje estirándolo o contrayéndolo en ambos laterales, se aplicará una translación al objeto en el mismo sentido que el escalado, pero en la mitad de su magnitud (al escalarse por dos lados al mismo tiempo), consiguiendo el efecto de que el objeto solamente está siendo estirado en una sola dirección (ver Figura 59). Esta translación se aplica también a la interfaz.

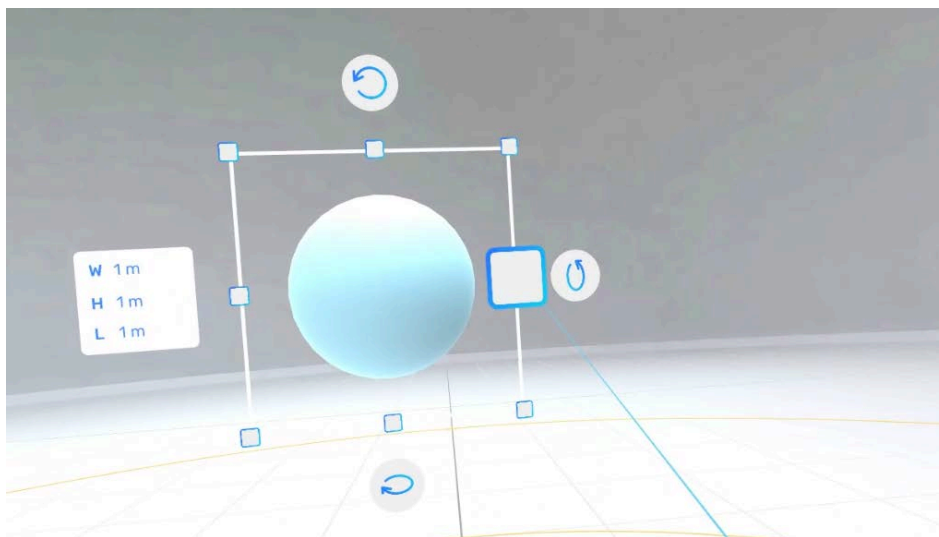


Figura 58. Captura en tiempo real del aumento de tamaño del manejador al posarse el puntero encima.
Elaboración propia.

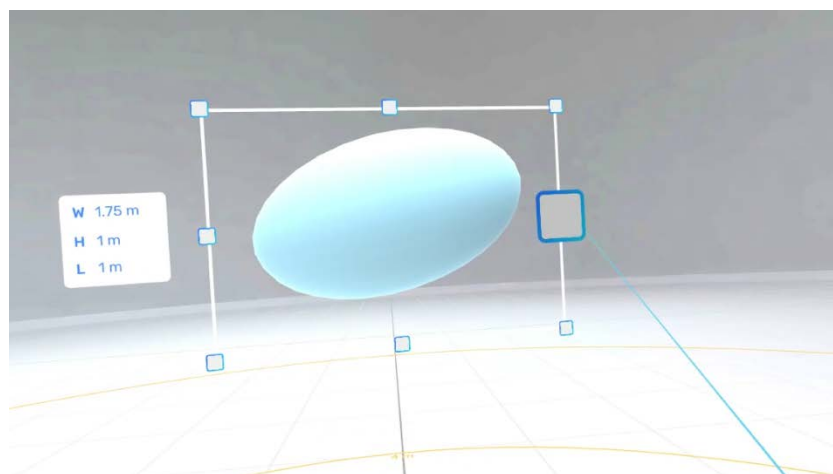


Figura 59. Captura en tiempo real del escalado de una esfera hacia la derecha. Elaboración propia.

Para escalar el objeto en la misma dirección en la que se mueve la interfaz, es necesario detectar la posición en la que se encuentra el manejador con respecto a los distintos ejes del objeto. Esto es así porque no existe una relación directa entre un manejador y un eje del objeto, ya que este puede tener rotaciones aplicadas, lo que cambia la orientación de sus ejes. El comportamiento ideal, por ejemplo, es que si se mueve el manejador derecho el objeto se escala hacia la derecha en el eje que le corresponda, sin tener que ser necesariamente en el eje horizontal “X”. Existe una funcionalidad en Unity llamada *InverseTransformPoint* que permite obtener el vector de posición de un objeto tomando como punto de referencia otro vector de posición a partir del cual se calcula. En este caso, se calculará la posición del manejador tomando como referencia la posición del objeto y se evaluarán los valores que tenga este vector para sus tres ejes, de forma que se pueda obtener la dirección de escalado a la que corresponde el manejador. Esta dirección corresponderá con el eje del vector de posición que tenga el valor absolutamente más grande, indicando el eje con el valor ± 1 dependiendo del signo del valor original y dejando a cero el resto de los ejes. En el caso de utilizar el escalado de un solo eje, la dirección se corresponderá con el eje que tenga el valor máximo de los tres. En el caso de escalarse con relación de aspecto por dos ejes, la dirección tendrá en cuenta los dos ejes con valor más alto de los tres. Al disponer de este vector de dirección, cuando el manipule cualquier manejador de escalado la clase podrá saber en qué eje del objeto escalarlo, o ejes en el caso de los manejadores de relación de aspecto, haciéndolo en la dirección en la que el manejador se mueva. Puede haber casos en los que el objeto esté girado de tal manera que no sea intuitivo del todo hacia qué lado se va a escalar el objeto, por ejemplo, cuando una de sus esquinas está en un manejador, ya que el vector devolverá solo uno de los ejes y el más cercano, aunque solo sea por milímetros.

Por otra parte, la variación de la posición del manejador debe medirse desde el punto de vista del usuario y no con las posiciones con respecto al espacio. Esto se hace también con *InverseTransformPoint*, teniendo como referencia la posición del usuario en el espacio. Dependiendo de donde esté ubicado el objeto en el espacio, la variación de la posición del manejador puede ser positiva o negativa y no coincidir con la dirección a la que el usuario está moviendo el manejador. Como se puede ver en el ejemplo de la Figura 60, si el objeto no tiene una rotación aplicada, sus ejes estarán

alineados con los ejes del espacio, por lo que mover un manejador a la derecha implicará una variación positiva ($+x$). Sin embargo, si el objeto está ubicado detrás del usuario, mover el manejador a la derecha devolverá una variación negativa, ya que el manejador se estaría moviendo negativamente en el eje “X”, es decir, a la izquierda ($-x$). Tomando como referencia el punto de vista del usuario para calcular esta variación hará que se calculen tomando como ejes los del punto de vista del usuario y no los ejes del espacio, por lo que un movimiento a la derecha siempre dará como resultado una variación positiva y a la izquierda una negativa. De la misma manera sirve para las variaciones de posición verticales.

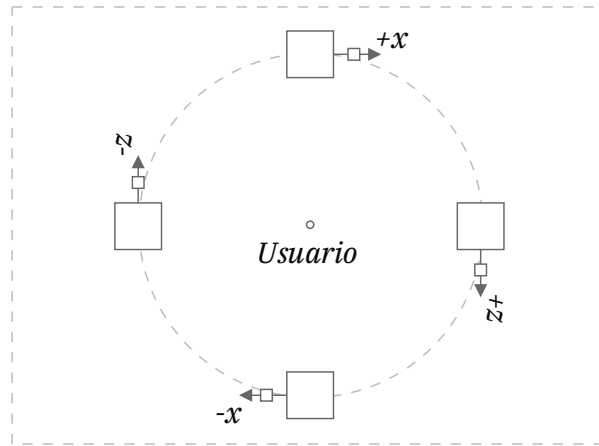


Figura 60. Problema con la dirección de los manejadores. Elaboración propia.

Existe un problema consecuencia del escalado mediante manejadores que no se ha podido controlar en la implementación. Cuando un objeto tiene una rotación aplicada y se decide escalarlo, el objeto se escalará en la misma magnitud que el puntero del mando haya sido desplazado mientras manipula el manejador. Como se puede ver en la Figura 61, el objeto crece en la misma magnitud (A), pero al estar rotado, sus dimensiones dejan de corresponderse con el tamaño de la interfaz, por lo que se empieza a generar una descompensación (B) que provoca que el objeto crezca más despacio que el movimiento del puntero. Como la interfaz siempre debe corresponderse al tamaño del objeto, el manejador también se mueve más despacio que el puntero del mando mientras está siendo arrastrado, lo que provoca que el puntero acabe saliéndose de la interfaz, impidiendo seguir escalando el objeto hasta volver a arrastrar e manejarlo.

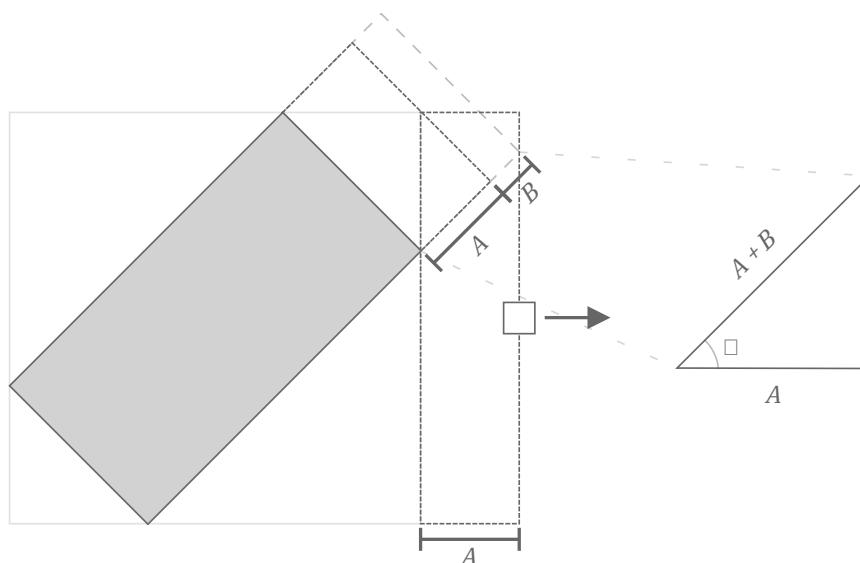


Figura 61. Escalado ideal de un objeto rotado. Elaboración propia.

Una solución ideal a este problema sería que, en vez de escalarse el objeto en la magnitud del movimiento del puntero, se escalara teniendo en cuenta el ángulo de rotación de la figura, de forma que usando operaciones trigonométricas se pueda obtener la distancia que el objeto debe escalarse realmente. En el ejemplo de la Figura 61 la solución es muy sencilla porque basta con aplicar un coseno, pero cuando el objeto tiene tres dimensiones, sus ejes pueden estar en posiciones variables al permitir rotaciones y además hay que detectar qué ejes hay que mover según la perspectiva del usuario, esta solución no puede aplicarse o al menos no se ha podido encontrar una forma de solucionarlo.

Dado que los elementos bidimensionales carecen de dimensión “Z”, es decir, no tienen profundidad, se impedirá que uno de estos objetos se escale cuando el manipulador devuelva un vector de dirección en el eje de profundidad “Z”. En el caso concreto de los textos, no se escalarán utilizando la escala de Unity, sino que se ajustará el tamaño de la caja de texto que los incluye, aumentando su tamaño en la dirección correspondiente al manejador. Esto evitará que el texto se deforme, además de que es el comportamiento esperado al manipular cajas de texto y no formas.

9.3.7. Edición de colores

La edición de colores se invoca desde las opciones del objeto seleccionado, y muestra una interfaz con tres controles deslizantes (ver Figura 62), uno para cada valor del modelo de color HSB (tono, saturación y brillo), la cual hará aparecer la clase *Instanciar-Forma*. Para que los usuarios sepan qué colores van a obtener con los controles deslizantes se deben colorear dinámicamente sus carriles con un gradiente, el cual se formará con incrementos del 10% en cada valor del modelo de color, teniendo en cuenta que el color inicial de esta interfaz será el color que tenga el objeto seleccionado en ese momento. Aparecerá un círculo que contiene el color actual para facilitar su previsualización y el objeto seleccionado cambiará de color a la vez que los controles

deslizantes son manipulados. En el mando se habilitará el botón “Atrás” para cancelar la acción y se dejará libre la superficie del panel táctil para que el usuario interactúe con la interfaz de forma libre.

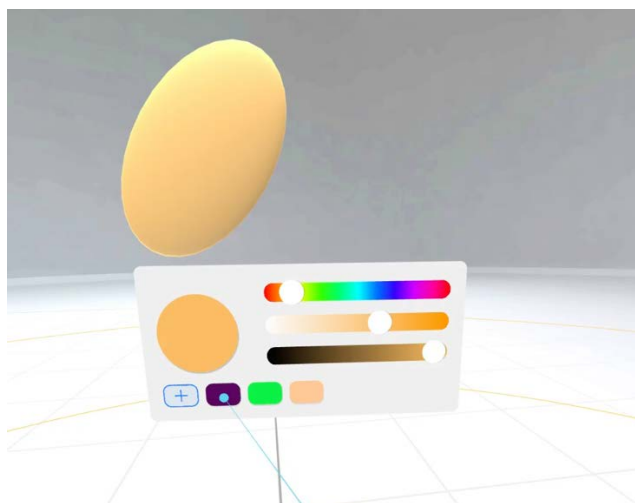


Figura 62. Captura en tiempo real del cambio de color de una forma. Elaboración propia.

Los colores de los objetos se tratan de una forma u otra dependiendo del tipo de objeto que sea. En el caso de formas bidimensionales, los colores se pueden cambiar de forma nativa utilizando la propiedad que especifica el color de sus texturas. En el caso de textos, también tienen una propiedad que cambia su color. Es en el caso de figuras tridimensionales en el que el cambio de color se complica, ya que estas figuras utilizan un material para poder ser visibles de una determinada manera, por ejemplo, configuración de iluminación, reflejos, texturas, color, etc. Este material es compartido por todas las figuras tridimensionales que existan en la escena, ya que todas se ven de la misma manera, y esto implica que todas van a tener el mismo color. El material también tiene una propiedad para cambiar su color fácilmente, pero si se realiza de este modo, todas las figuras tridimensionales cambiarían de color y no solo la que se está editando, ya que cambia el material que todas las figuras comparten. En Unity es posible cambiar este comportamiento si se cambia el *shader* del material de las figuras. “Los *shaders* son pequeños scripts que contienen los cálculos matemáticos y algoritmos para calcular el color de cada píxel procesado, en función de la entrada de iluminación y la configuración del material” (Unity, 2018). Es por el *shader* que el material luce de una determinada forma u otra. Especificando en el *shader* del material que la propiedad del color dependa de cada material procesado (*PerRendererData*) se consigue que cada figura tenga un el mismo material con un color distinto.

El guardado de colores se hace a través de una lista de tipo *HashSet*, el cual controla que su contenido no se puede repetir. Esto es útil ya que ahorra comprobaciones innecesarias a la hora de añadir colores a la lista de colores guardados, ya que si un color ya existe no lo va a añadir otra vez.

Para hacer la interfaz de edición de colores más autoexplicativa, se ha decidido poner un color azul claro por defecto a las figuras. Esto permitirá que los tres controles deslizantes por los que está compuesta la interfaz tengan valores intermedios que den

una pista de su funcionamiento. Si el color por defecto fuera blanco o negro, no se mostrarían colores en los carriles y puede dar la impresión de que el color no se puede cambiar, ya que los usuarios tendrían que jugar con los controles de saturación y brillo para conseguir tener un color. Para el caso de los textos se ha dejado un gris oscuro ya que es el color más común para textos y permite que el control deslizante tenga un valor intermedio.

9.3.8. Modelos de Google Poly

La API de Google Poly proporciona todo lo necesario para manejar y obtener sus modelos con el único requisito de tener incluido su *Toolkit* dentro de la escena. Este *Toolkit* está específicamente diseñado para Unity y permite buscar modelos a través de una ventana en el editor de Unity, filtrar por categorías e importar cualquier modelo que aparece directamente dentro de la escena abierta. La API dispone de una versión para realizar estas acciones durante la ejecución, que en base a una serie de consultas al servidor se pueden importar cualquier modelo que el usuario indique. Esta funcionalidad de controlará por medio de una interfaz que contiene un explorador de modelos, la cual se instanciará por medio de la clase *InstanciarForma*.

Para generar la interfaz con la lista de modelos destacados, lo primero es generar una consulta mediante un objeto *PolyListAssetsRequest*, indicando la consulta que se quiere realizar. En el caso por defecto, la consulta será simplemente que el servidor devuelva la lista de modelos más destacados. Junto a la consulta también se especificará que ordene los resultados de mejor a peor, una complejidad de los modelos simple debido a que las plataformas sobre las que se implementa no soportan una gran cantidad de polígonos en la escena, y una cantidad de resultados por página máxima, que corresponde a 20 elementos. Con el método *ListAssets* de la API se realiza la consulta y se obtienen los modelos.

La interfaz de exploración de los modelos consiste en una cuadrícula con tres posiciones que se corresponden a un modelo cada uno, un campo de búsqueda en la parte superior a estos y botones de avanzar y retroceder página a sus laterales (ver Figura 59). Se dispone de un *Prefab* con la estructura visual del detalle del modelo, de forma que cuando la consulta de la API se ha hecho y esta devuelve la lista de modelos, se extrae la información de cada uno y se vuelca sobre la interfaz. En este caso, se muestra el nombre del modelo y su autor debajo de su imagen de previsualización. Esta imagen la proporciona la propia API, ya que permite descargar *thumbnails* con *FetchThumbnail*, método que devuelve una textura que puede ser aplicada a la imagen del detalle del modelo. Mientras se rellena la información de la interfaz también se asigna la acción que tendrá cada botón Importar, el cual desencadenará la llamada al método *Import* de la API, que recibe por parámetros el modelo que se quiere descargar y automáticamente se importa en la escena. Se ha controlado que la importación no se realice de forma automática, sino que el modelo se inserte dentro de un objeto padre vacío – lo cual permitirá al modelo ser compatible con el resto de las funcionalidades – y se llame a la clase *InstanciarForma* para que cree un modelo transparente y permita al usuario colocarlo donde desee de la misma forma que coloca el resto de los objetos. Para facilitar el manejo y la consistencia de los modelos, se ha decidido utilizar

las características de reescalado de la propia API para que todos los modelos importados tengan un tamaño de 1 metro por cada dimensión, al igual que todos los objetos que se pueden añadir a la escena, en vez de su tamaño original.

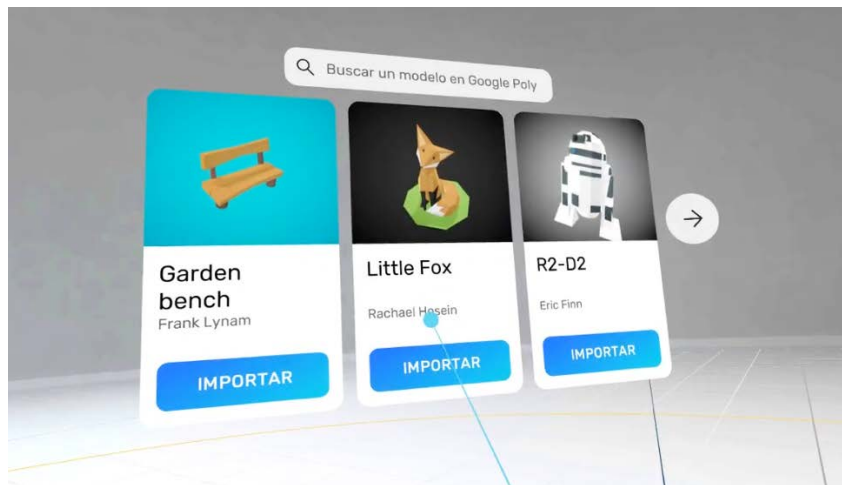


Figura 63. Captura en tiempo real del explorador de modelos. Elaboración propia.

La paginación en esta interfaz está manejada a mano en vez de utilizar la paginación de la API de Google Poly. Si bien la API permite dividir los resultados en varias páginas, solamente se manejan las páginas siguientes a la actual, no siendo posible volver a una página anterior salvo que se guarde cada página que haya salido y se haga a mano de todas formas. Es por esto por lo que se hace una consulta con la mayor cantidad de resultados por página posible, que es de 20 resultados, para todos que se muestren de tres en tres en la interfaz. La paginación tiene en cuenta la cantidad total de elementos que existen (no tiene por qué existir 20 en todos los casos), la página en la que se encuentra el usuario y el número de elementos que se muestra. Esto último sirve en el caso de encontrarse en la última página ya que no siempre va a tener tres elementos y controlando cuántos modelos se muestran se controla que no se accedan a más modelos de la cuenta. Con estos tres elementos se puede llevar un índice de acceso a los resultados, de forma que con el número de página la clase sabe qué elementos mostrar y si existen páginas antes o después, ya que de no existir los botones de paginación se ocultarían.

La búsqueda de modelos se realiza de la misma manera que con la de destacados, creando un objeto *PolyListAssetsRequest*, solamente que en vez de especificar que los resultados que se quieren obtener con la consulta son los elementos destacados, se pasa una cadena de caracteres y la API devuelve los resultados que tengan esa cadena o relacionados. Para obtener esta cadena de caracteres, el usuario pulsa sobre el campo de búsqueda e invoca un teclado, en el que puede escribir, y, al pulsar Aceptar, la consulta se realiza con el texto insertado. El usuario puede volver a pulsar sobre el campo de búsqueda y editar el texto o borrarlo, en cuyo caso mostraría resultados destacados. La implementación del teclado se explicará en el apartado 9.3.11.

9.3.9. Añadir imagen

Para el manejo de imágenes se utiliza la API de Marvel, que se basa en el lenguaje de programación de consultas de base de datos GraphQL. Para utilizar la API de Marvel no es necesario ningún tipo de integración específica del servicio, basta con tener un código que realice consultas en GraphQL. Para que GraphQL se ejecute en el proyecto de C#, se ha utilizado la librería de Flor (2017), que permite una integración sencilla y fácil de adaptar al servidor que se necesite. Para realizar la conexión, es necesario tener una cuenta y un proyecto de Marvel creados, conseguir el *token* de autenticación y la dirección del servidor, que se obtienen desde la página de desarrolladores de Marvel. Se ha creado una clase llamada *MarvelQueries* que se encarga de almacenar la consulta que permite obtener las imágenes de un proyecto concreto y los parámetros de la consulta que afectan a la paginación de los resultados. A futuro se añadirá la posibilidad de manejar varios proyectos, pero no en el prototipo actual. La librería se encarga de establecer comunicación con el servidor de Marvel y de realizar la consulta, descargando los datos que reciba. Como el formato de los datos es un formato JSON, se ha utilizado una librería recomendada por el propio desarrollador de la librería llamada *JSONObject* (Schoen, 2018), que además es compatible con C#, que permite facilitar mucho el manejo de los datos que tienen este formato. Concretamente se recorrerán los niveles del JSON hasta conseguir los datos de todas las imágenes.

La clase encargada de toda esta funcionalidad es *MarvelManager*, que también se encarga de iniciar la comunicación con la librería de GraphQL para obtener los datos de las imágenes. Cuando se obtienen estos datos, se rellena la interfaz, la cual es idéntica al explorador de modelos, pero sin autor y sin buscador, ya que Marvel no permite ningún tipo de filtro en sus consultas. La clase *InstanciarForma* se encargará de la instanciación de la interfaz. La API no proporciona una descarga del contenido como en Google Poly, por lo que la descarga de las imágenes se ha tenido que implementar a mano. Por cada una de las imágenes, mientras la interfaz se va rellenando, se crea un subproceso que realiza una llamada a la URL del servidor que contiene la imagen y realiza su descarga, la cual se recibe como una textura. Para reducir la carga computacional, las imágenes se muestran en la interfaz con una escala reducida a modo de *thumbnail*, siendo los botones Importar los que tienen la capacidad de utilizar las texturas en su tamaño completo. Cuando la interfaz se muestra, en el mando se habilitará el botón “Atrás” para cancelar la acción y se dejará libre la superficie del panel táctil para que el usuario interactúe con la interfaz de forma libre.

Los objetos imagen utilizan el mismo tipo de elemento que todas las interfaces planas que tiene la aplicación, el *Canvas*. El *Canvas* en Unity permite contener todos los elementos de interfaz de Unity en un plano bidimensional. Para utilizar imágenes en la escena y colocarlas libremente, el *Canvas* se debe configurar para que pueda estar libre dentro de la escena estableciendo su modo de renderizado a *World Space*. Este elemento debe contener un componente *Image* que contendrá la textura de la imagen descargada. Cuando se habla por tanto de escalar una imagen o una figura en dos dimensiones – que es una imagen de un cuadrado, un círculo o un triángulo – en realidad se está escalando su *Canvas* correspondiente. Cuando el usuario pulse el botón Importar de una imagen (ver Figura 64), la clase *InstanciarForma* creará un objeto vacío con

el *Canvas* dentro, para que sea compatible con el resto de las funcionalidades de la aplicación.

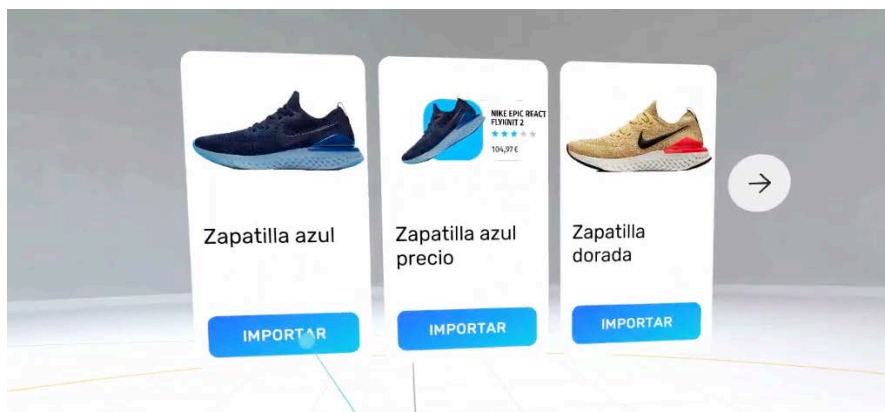


Figura 64. Captura en tiempo real del explorador de imágenes. Elaboración propia.

La paginación de las imágenes se ha realizado de dos formas. Se comenzó utilizando la paginación que ofrece la API, que permite especificar el número de elementos por página y saber si hay o no páginas delante, navegando por ellas adelante y atrás a través de un sistema de punteros. Debido a un error común con GraphQL, la detección de la existencia de una página anterior no funcionaba, por lo que esto se detectaba simplemente sabiendo si se había pulsado el botón de página siguiente o no y si el usuario se encontraba en la primera página. La clase *MarvelQueries* contenía los prefijos que controlaban la paginación hacia adelante y hacia atrás, a los que se añadían los punteros a las páginas, cuyo resultado se concatenaba con la consulta ya escrita para afectar a los resultados que esta devolvía. Su funcionamiento era el correcto. Sin embargo, al insertar imágenes 360° dentro del proyecto de Marvel, estas imágenes también aparecían en este explorador, lo que ralentizaba la carga de las imágenes que se encontraran más delante de las 360° porque estas imágenes tienen un gran tamaño. Además, pulsar Importar sobre estas imágenes provocaba que la aplicación dejara de responder, debido al gran tamaño de estas, y esto tenía que evitarse. Buscando en la documentación de la API y contactando con los propios desarrolladores, se descubrió que la API no permite ningún tipo de filtrado, por lo que para diferenciar las imágenes normales de las imágenes 360° se debían obtener todas las imágenes del proyecto y realizar la paginación y el filtrado a mano. Se reutilizó por tanto el mismo sistema de paginación manual que los modelos de Google Poly, y se implementó un filtro para que las imágenes 360° no aparecieran en el explorador de imágenes normales, el cual se explicará en el apartado siguiente.

9.3.10. Cambiar entorno

Dado que las imágenes 360° también se obtienen del servidor de Marvel, la clase *MarvelManager* también se encarga de cambiar el entorno con las imágenes que los usuarios hayan subido al proyecto. Las imágenes normales no pueden usarse para cambiar el entorno, por lo que en el explorador de imágenes de esta funcionalidad solo deberían aparecer imágenes 360°. Como se mencionó en el apartado anterior, se ha añadido un filtro que permite diferenciar las imágenes 360°. Las imágenes 360° se

caracterizan porque la relación entre la altura y el ancho de la imagen equirectangular es de 2. Además, por temas de rendimiento, Google (2019a) recomienda que las imágenes equirectangulares utilizadas para este caso tengan un tamaño de 4096 x 2048 píxeles, con un tamaño mínimo de 1080. De esta manera, se considerará que una imagen es una imagen 360° si la relación entre su altura y anchura es de 2 y si su tamaño supera los 1080 píxeles de ancho. A la vez, se limitará el tamaño de las imágenes 360° a 4096 píxeles de ancho por cuestiones de rendimiento, por lo que las imágenes mayores de este tamaño no se incluirán en el explorador. La paginación y demás funcionamiento es idéntico al de las imágenes exceptuando que estas no se importan a la escena, sino que cambian el entorno del usuario.

Cuando la interfaz del explorador se muestre a través de la clase *Instanciar-Forma*, en el mando se habilitará el botón “Atrás” para cancelar la acción y se dejará libre la superficie del panel táctil para que el usuario interactúe con la interfaz de forma libre (ver Figura 65). Si el usuario pulsa el botón Establecer de la imagen que desea, se asigna la textura de la imagen a un material de tipo *Skybox* que está previamente configurado para transformar esta imagen equirectangular en una imagen 360°. El *Skybox* en Unity es el entorno que envuelve al usuario y que puede personalizarse libremente según los parámetros que tenga configurado su material, al igual que los objetos tridimensionales. Una vez configurado el material con la textura de la imagen, se utiliza la clase *RenderSettings* de Unity para actualizar el material de su *Skybox*, lo que inmediatamente cambia el entorno a la imagen 360°. Tras esta acción, el botón Restablecer entorno aparece para que, si el usuario lo pulsa, se asigne el material del *Skybox* que tenía la escena por defecto y lo cambie de la misma manera con *RenderSettings*. Al cambiar el entorno, desaparece la escena por defecto, por lo que tendrán que ocultarse las guías y el modelo de la sala.

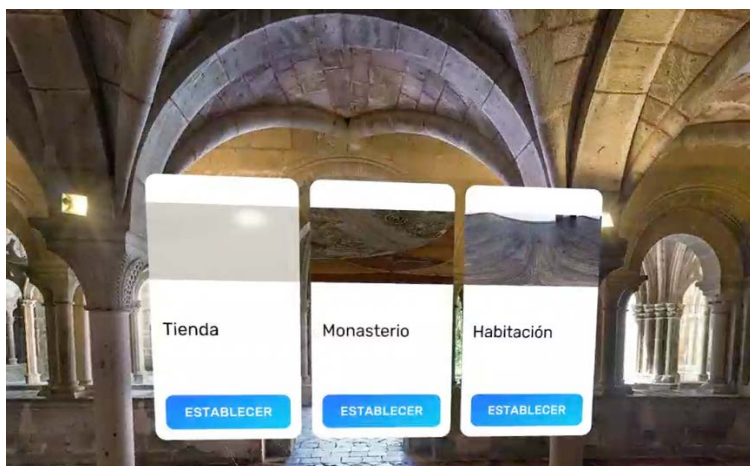


Figura 65. Captura en tiempo real del explorador de entornos con el monasterio aplicado.
Elaboración propia.

9.3.11. Añadir textos

Los textos en la aplicación se renderizan utilizando la librería TextMeshPro (Unity, 2019b), que ofrece unos textos más nítidos que son esenciales para la legibilidad en realidad virtual, dado que los textos por defecto de Unity no se ven bien definidos. Además, dispone de numerosas opciones que permiten personalizarlos de cualquier manera, a la vez que soporta fuentes personalizadas como Rubik, que es la fuente que utilizará toda la aplicación. Al ser los textos un elemento de interfaz, deben estar contenidos dentro de un *Canvas*, por lo que su instanciación en la escena se hará con este tipo de objeto y además serán los que controlen el tamaño de la caja de texto, ya que el texto se configurará para que ocupe todo el espacio del *Canvas*.

Cuando se desee añadir un texto aparecerá un teclado delante del usuario instanciado por la clase *InstanciarForma*, que se compone de numerosos botones dispuestos en formato QWERTY para representar las distintas teclas. Como el resto de las interfaces, el teclado es un objeto *Prefab* que permite instanciarlo al completo de forma directa. El teclado basa su comportamiento en la librería *Punchkeyboard* (Ravasz, 2017), la cual consiste en un teclado que se controla con dos mandos a modo de tambores, siendo las teclas las superficies donde impactan sus varillas. Se eligió esta librería porque su código era de los más fáciles de entender y manipular, además de que era un teclado gratuito y de código libre que puede añadirse a esta aplicación sin problemas. De todas formas, el diseño se ha adaptado al que requiere esta aplicación (ver Figura 66), por lo que solo se ha mantenido parte de su funcionalidad. Cada una de las teclas tiene un atributo que representa la entrada que producen al pulsarlas y cuando la tecla de símbolos ha sido pulsada y la clase *Key* como componente, la cual controla todo su funcionamiento. El teclado puede encontrarse en un estado u otro dependiendo de la tecla que se pulse, pudiendo estar con minúsculas, con mayúsculas o mostrando un teclado de símbolos y números. Cada una de las teclas es un botón independiente que invoca un método de control de esta clase que diferencia el estado en el que se encuentra el teclado y añade al campo de texto la entrada correspondiente. En el caso de ser teclas especiales (símbolos, mayúsculas, espacio, borrado), se realizarán sus acciones en vez de añadir la entrada al campo de texto. Uno de los problemas que tenía el uso de esta librería era que simulaba una entrada por teclado real, de forma que al utilizar el teclado en las Samsung Gear VR, aparecía un teclado táctil en la pantalla del móvil tapando toda la imagen, por lo que tuvo que eliminarse la simulación para que la escritura se hiciera editando el texto que mostraba la interfaz en vez de utilizar un campo de edición de texto real.

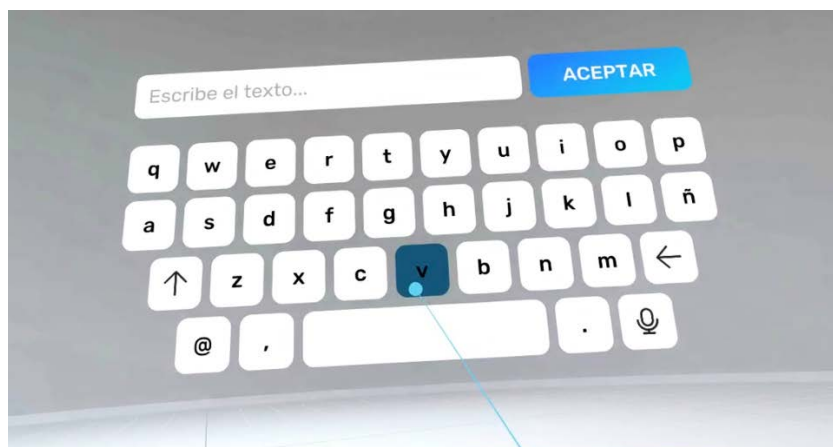
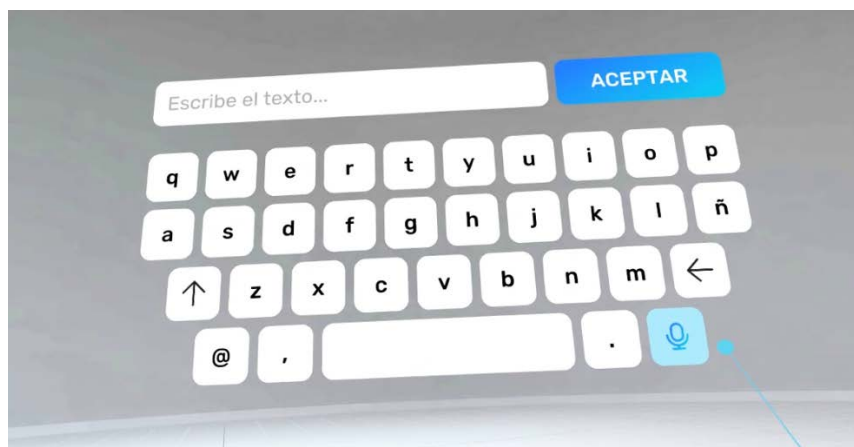


Figura 66. Captura en tiempo real de la escritura por teclado. Elaboración propia.

El teclado incluye un botón para realizar un dictado por voz por IBM Watson, mediante el servicio *Speech-to-text*. La integración de este servicio con el proyecto es muy sencilla, ya que IBM dispone de una librería (IBM Watson APIs, 2019) que ofrece los servicios de Watson en Unity. Para el servicio *Speech-to-text*, dispone de una demo que funciona mediante un script que tiene todos los pasos necesarios para su funcionamiento implementados, por lo que basta con utilizar este script y llevarlo al proyecto, cambiando el idioma de detección del inglés al español de España. El script se iniciará cada vez que el teclado se instancie, y la grabación del audio comenzará cuando el botón de dictado de voz del teclado se pulse, cambiando el estilo visual del botón para que el usuario sepa que ha sido pulsado correctamente. Cuando el script detecte que el servicio de Watson está listo para empezar a detectar la voz, se cambia el estilo visual del botón para mostrar al usuario que ya puede empezar a hablar (ver Figura 67). El servicio está implementado para detectar automáticamente un fin de frase y devolver la mejor coincidencia de todas las detectadas, ofreciendo además un porcentaje de confianza en la transcripción. El botón cambiará a su estilo por defecto cuando el servicio devuelva la transcripción de la voz y esta aparecerá en el campo de texto del teclado. Si durante la grabación el usuario vuelve a pulsar sobre el botón, la grabación se cancela.



*Figura 67. Captura en tiempo real de la escritura por voz, con la grabación activada.
Elaboración propia.*

La clase *KeyboardManager* se encarga de la generación de los textos en las distintas funcionalidades que lo utilicen. Es la clase que manipula el campo de texto, de forma que añade las entradas correspondientes a las teclas pulsadas o las borra si se ha pulsado la tecla de borrado. Dependiendo de la funcionalidad que se esté ejecutando, su comportamiento variará. Para el caso de la adición de textos a la escena, cuando el botón Aceptar se pulse, la clase recogerá el texto escrito y lo pasará a la clase *InstanciarForma* para que genere un objeto texto que lo contenga, mediante el uso de un *Canvas* y un objeto padre vacío que lo contenga. Si la funcionalidad es la edición de un texto mediante las opciones de un objeto, *KeyboardManager* se encarga de recoger el texto del objeto seleccionado y mostrarlo en el campo de texto del teclado para hacerlo editable. En este caso, si se pulsa el botón Aceptar, el texto del objeto se sobrescribe. Esta clase también controla que no se puedan crear textos si el campo de texto está vacío. Mientras el teclado esté visible, en el mando del usuario se habilitará el botón “Atrás” para cancelar la acción y se dejará libre la superficie del panel táctil para que el usuario interactúe con la interfaz de forma libre.

En el caso de que se seleccione la opción de objeto para cambiar el tamaño de la fuente del texto, se muestra un control deslizante instanciado por la clase *InstanciarForma* y controlado por la clase *TextSizeSliderManager*. Al manipular el control, un *tooltip* se mostrará para indicar el tamaño de la fuente (ver Figura 68), el cual la librería *TextMeshPro* (Unity, 2019b) permite modificar de forma sencilla, cambiando el tamaño del texto a la vez que se manipula el controlador. Sin embargo, el tamaño de los textos está en metros, por lo que es necesaria una conversión de unidades de los puntos de fuente, concretamente dividirlos por 1000. Por ejemplo, para conseguir una fuente de tamaño 20, se asignará al tamaño de fuente del objeto el tamaño 0,02. De lo contrario, se acabaría teniendo un texto de 20 metros y no es el comportamiento deseado. Para mostrar el tamaño de fuente del objeto seleccionado en el *tooltip* la primera vez que se edita su tamaño, será necesario multiplicar el tamaño de fuente del texto por 1000, utilizando a partir de este momento el valor del control deslizante, que se deja en unidades de puntos de fuente.

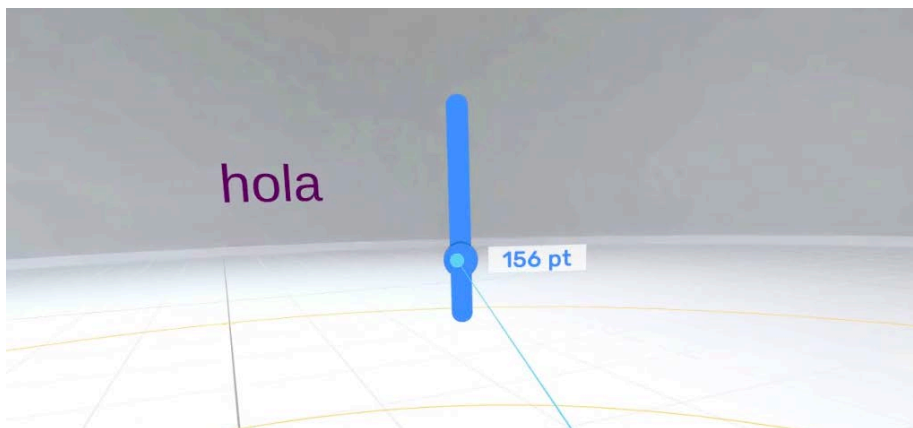


Figura 68. Captura en tiempo real del cambio de tamaño de la fuente de un texto. Elaboración propia.

9.3.12. Etiquetado

El etiquetado se invoca desde las opciones de un objeto distinto a un texto, el cual muestra un teclado para insertar el texto que se desee. El teclado de esta funcionalidad es el mismo que el de la edición de textos, por lo que está controlado por la clase *KeyboardManager*. Esta clase diferencia cuando se está realizando la acción de añadir o modificar una etiqueta, por lo que, si el objeto seleccionado ya dispone de una, la clase recogerá el texto que contiene y lo mostrará en el campo de texto del teclado para poder editarlo. Cuando se pulse el botón Aceptar, se crea un objeto etiqueta dentro del objeto padre del objeto seleccionado que contenga el texto que tuviera escrito el teclado (ver Figura 69). El objeto etiqueta es un objeto ya creado por medio de un Prefab, por lo que su instanciación es inmediata. Si el objeto seleccionado no tiene una etiqueta, el campo de texto no se puede dejar vacío, pero si el objeto la tiene, dejarlo vacío y pulsar Aceptar eliminará la etiqueta del objeto.

El objeto etiqueta dispone de su propia clase, *TagManager*, que se encarga de la visibilidad de la etiqueta. La clase ajusta la posición de la etiqueta en la misma posición del objeto sobre el que está anclada, pero posicionándola 0,3 metros por encima del objeto. Permite además modificar el ancho de la etiqueta en base al número de caracteres del texto que contiene, para que el texto no rebase la interfaz. Esto se realiza multiplicando el número de caracteres por un factor de 0,03 metros, dando como resultado el ancho que debería tener la etiqueta, ya que su altura no se modifica. La clase controla además que cuando el objeto está siendo transformado, la etiqueta no interfiera en la interfaz que rodea al objeto, ocultando la etiqueta cuando esto ocurre. Dado que la clase *TagManager* dejaría de funcionar si se desactiva todo el objeto etiqueta, se tiene que ocultar todos los objetos de los que está compuesta uno por uno. La etiqueta se mostrará de nuevo cuando el objeto deje de transformarse.

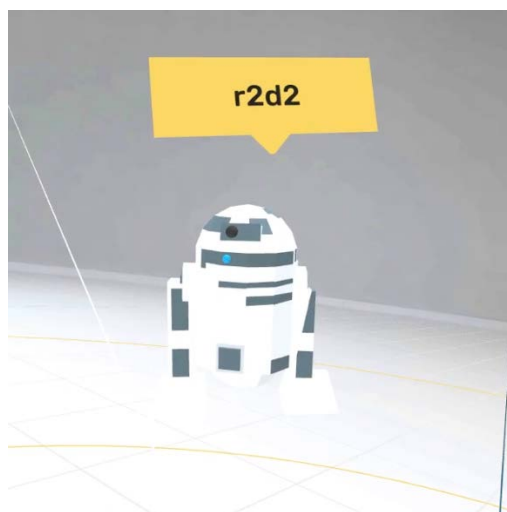


Figura 69. Captura en tiempo real de una etiqueta encima de un modelo. Elaboración propia.

9.3.13. Previsualización

La previsualización es de las funcionalidades más sencillas. Cuando la opción es pulsada, se utiliza el objeto *ObjectsManager* para comunicar a la clase *SeleccionarFigura* que el modo de previsualización está siendo utilizado. Se ha decidido usar *ObjectsManager* porque en un futuro otras clases dependerán de que esta funcionalidad esté activa o no, por lo que debe indicarse en este objeto al que todas las clases pueden acceder. Por el momento, *SeleccionarFigura* controla que cuando esta funcionalidad esté activa, nada pueda realizarse, y dado que esta clase se encarga de la selección y el movimiento de los objetos, todos los casos quedan controlados.

9.3.14. Guías de escala y ergonomía

Las guías de escala y ergonomía se muestran en el suelo de la escena y están siempre presentes en el mismo. Para simplificar su implementación, se ha recurrido al uso de un *Canvas* que se mantenga pegado al suelo, 10 centímetros por encima para evitar problemas de renderizado, y que contenga las guías en formato vectorial SVG. Este formato asegura que las líneas van a verse bien definidas en todo momento, cosa que no podría realizarse con formatos de imagen normales como JPEG o PNG debido a la compresión que sufren y a la alta calidad que estas imágenes requieren para verse definidas totalmente. Las guías se han diseñado en Figma respetando los ángulos ergonómicos propuestos por Alger (2015) y diferenciando las zonas en Zona incómoda y Zona de curiosidad, para facilitar la comprensión de cada una. A la vez se muestran circunferencias que rodean el centro de la escena, indicando los metros de su radio, en potencias de 2 hasta los 20 metros máximos de la escena. También, se han dibujado líneas verticales y horizontales dibujando los metros cuadrados del suelo, para que el usuario tenga mejor sensación de espacialidad y tenga referencias de tamaño. Una vez exportados los diseños de las guías a SVG, basta con incluirlos en el *Canvas* para que se muestren en el suelo.

El orden de renderizado que tiene el motor de Unity para mostrar las imágenes es según la distancia a la cámara, de forma que se muestran por encima del resto de imágenes aquellas que están más cerca, un comportamiento totalmente lógico. El problema de poner la imagen de las guías en el suelo es que se encuentran siempre más cerca del usuario que el resto de las imágenes, salvo que las imágenes se pongan a menos distancia que la distancia de las gafas al suelo, configurada en 1,75 metros. Por este motivo, las guías se muestran por encima de las imágenes o interfaces de la escena, lo que dificulta su lectura, además de que confunde al usuario al no producir oclusión con las guías. Para solucionar este problema se ha especificado que el orden de renderizado de las guías será de -1 y el orden de renderizado del resto de elementos será de 1, lo que forzará a las imágenes e interfaces a mostrarse siempre por encima de las guías al tener una prioridad de renderizado mayor.

9.4. Desarrollo de la escena e iluminación

Para el modelado de la escena se han utilizado formas básicas cilíndricas con materiales que sean reflectantes de luz para crear una luz difusa, pero con un efecto mate para evitar que existan brillos en su superficie que pueda dar la impresión de que es una pared de plástico. Dado que la iluminación de la escena no puede ser generada en tiempo real, debe ser generada desde el editor, de forma que las paredes parecerán iluminadas, pero serán simples texturas que se han generado a partir de las fuentes de luz localizadas en la escena. Se ha ajustado la generación de la iluminación para que el resultado de la escena tenga el nivel justo de blancos y no se sobreexponga, dando como resultado un suelo visiblemente más claro para poder leer bien las guías del suelo, y unas paredes con grises un poco más oscuros por encontrarse a la sombra del agujero, pero manteniendo un color claro. Sin embargo, se producen manchas en las paredes no deseadas, cuya solución requiere un mayor tiempo de generación de la iluminación o un ordenador más potente capaz de tardar menos tiempo. Al tratarse de un prototipo, se ha preferido cuidar más la estética de cada una de las acciones más que de la propia escena donde el usuario estará situado. De todas formas, se ha conseguido modelar una escena básica que pudiera dar una idea de presencia al usuario en el momento de probar la aplicación, que fuera compatible con las guías de distancias y ergonómicas que se mostrarán en el suelo y que tuviera en cuenta la iluminación de la escena, tanto para poder ver bien todos los elementos que estén en la escena como para que el usuario no vea influenciado su prototipo por el diseño de la escena de la aplicación, siguiendo la solución diseñada en el apartado 8.5. En la Figura 70 puede verse el resultado del suelo de la escena, con la incorporación de las guías ergonómicas y las guías de distancia y con la iluminación de la escena ya texturizada.

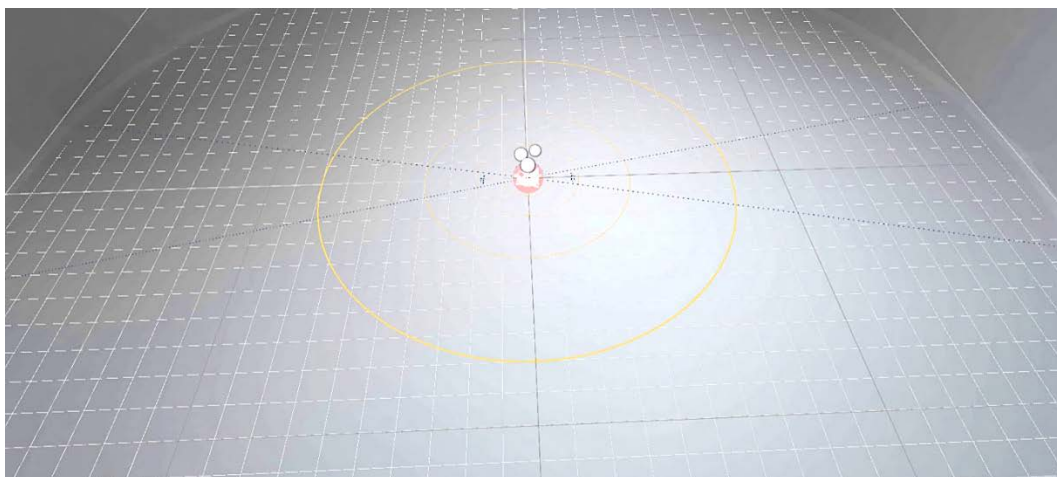


Figura 70. Implementación del suelo de la escena. Elaboración propia.

La fuente de luz proviene de un foco localizando en la parte superior de la escena, que entra directamente desde el agujero y rebota en las distintas superficies que encuentra. Como esta iluminación no se puede generar en tiempo real, los objetos que estén por la escena tampoco podrán recibir la iluminación proveniente de la luz difusa, pero es posible simularlo a través de un componente de Unity llamado *Light Probes*, que proporcionan “una forma de capturar y usar información sobre la luz que pasa a través del espacio vacío en su escena” (Unity, 2019a). Al igual que la iluminación de la superficie de la escena podía ser calculada y fijada desde el editor, lo mismo se puede hacer con la iluminación que no corresponde a una superficie sino a un espacio vacío. Distribuyendo *Light Probes* por toda la escena se podrá obtener el efecto de luz difusa en la escena en tiempo real ya que los *Light Probes* serán los que estén emitiendo la luz correspondiente dependiendo del lugar donde se encuentre el objeto. La distribución de los *Light Probes* en la versión implementada de la escena puede verse en la Figura 71.

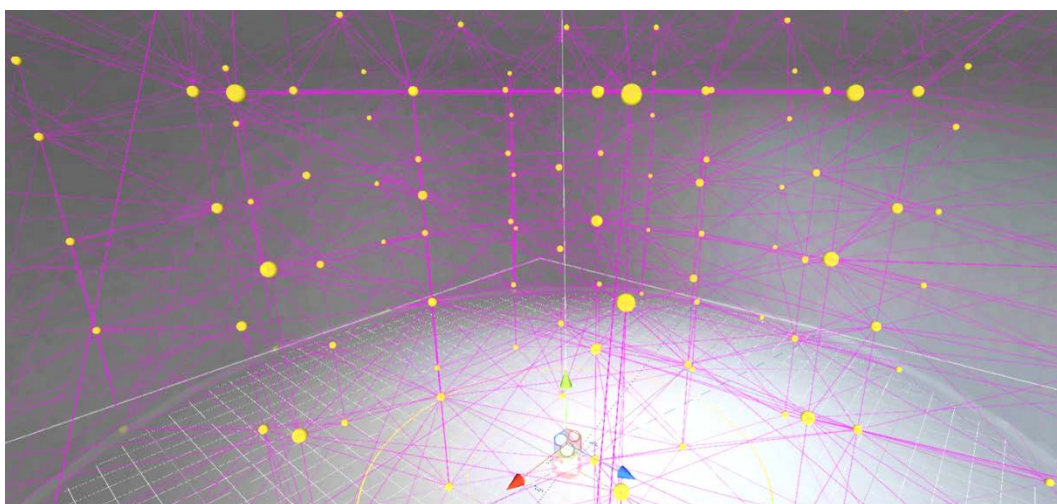


Figura 71. Implementación de la iluminación difusa con Light Probes. Elaboración propia.

10. Pruebas de usuario

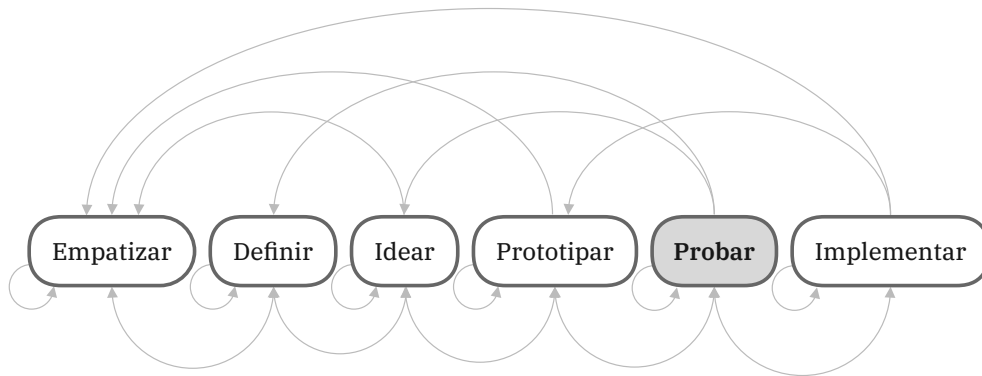


Figura 72. Metodología Design Thinking: Probar. Elaboración propia a partir de Gibbons (2016).

Continuando con la metodología *Design Thinking* (ver Figura 72), una vez que se dispone de un prototipo funcional, es conveniente que un grupo de usuarios puedan probarlo para obtener su *feedback* y analizar su comportamiento con la herramienta. FUOC (2018) define las pruebas de usuario como “un método de evaluación de la usabilidad que permite comprobar si las interfaces y los procesos de interacción están bien diseñados y si los usuarios encuentran obstáculos y dificultades para lograr sus objetivos”. En el proceso de diseño definido en este trabajo, por cada fase de prototipado e implementación se realizará una prueba con usuarios, a poder ser del perfil de las personas definidas en el apartado 6.1.

Las pruebas con usuarios en realidad virtual no están tan estudiadas como en otros dispositivos debido a que es una tecnología muy reciente, lo que obliga a improvisar en ciertos aspectos a la hora de diseñar la prueba. El hecho de que los usuarios tengan la cara tapada con las gafas afecta a la observación de sus reacciones, y, además, aunque se retransmita lo que están viendo en una pantalla, no se puede saber exactamente hacia donde están mirando o qué están sintiendo. Es por esto por lo que gran parte de las conclusiones que se obtengan de las pruebas van a tener que surgir de una entrevista tras probar la experiencia, donde se tendrá que ahondar en cada uno de los detalles que se hayan pasado por algo durante la observación.

10.1. Criterios de evaluación

Para establecer unos criterios de valoración de la experiencia se utilizará la pirámide de necesidades de la realidad virtual de Cronin (2015). Esta pirámide es una analogía de la pirámide de necesidades humanas de Maslow, la cual define una jerarquía de necesidades que las personas se sentirán motivadas a satisfacer a medida que se vayan satisfaciendo las necesidades jerárquicamente inferiores. La pirámide de Cronin (2015) define las necesidades que una experiencia en realidad virtual debe cumplir, las cuales se pueden ver en la Figura 73, asegurándose de que las necesidades más inferiores están satisfechas antes de preocuparse por las superiores.

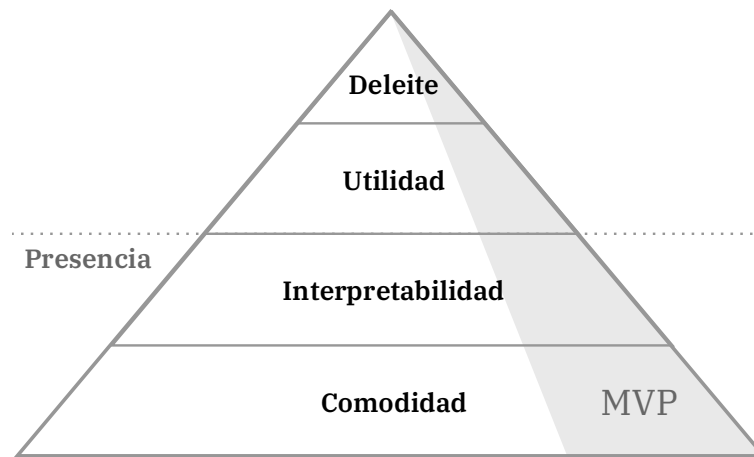


Figura 73. Pirámide de necesidades de la realidad virtual.
Elaboración propia a partir de Cronin (2015).

- **Comodidad.**

Hace referencia al correcto funcionamiento de la simulación virtual. Esto requiere que los movimientos que el usuario realice con la cabeza o los periféricos que utilice tengan una correspondencia precisa en la simulación. Además, la correcta posición de las gafas en la cabeza y el enfoque de sus lentes afectan en gran medida a la experiencia, porque si el usuario no ve la experiencia no la va a poder utilizar. Esta necesidad recae en gran medida en el hardware utilizado y en el motor gráfico que ejecute la experiencia, ya que de no estar optimizada la implementación pueden surgir retrasos que afecten gravemente a la comodidad del usuario. Aquí entra en juego el problema de la cinetosis en realidad virtual, que es cuando los estímulos sensoriales que recibe el cuerpo humano no coinciden y provocan mareos, dolor de cabeza o pérdida de equilibrio entre otros. Por ejemplo, si al mover la cabeza con las gafas el escenario no se mueve o lo hace de forma descoordinada, la información recibida por los ojos no se corresponderá al movimiento del cuerpo, provocando cinetosis. Existen investigaciones acerca de este problema, especialmente en simulaciones, pero la evaluación de este criterio se realizará gracias a un cuestionario realizado en 2018 para medir este problema específicamente en realidad virtual, *Virtual reality sickness questionnaire*, VRSQ (Kim, Park, Choi, y Choe, 2018). En este cuestionario se utiliza una escala de Likert para que usuario valore 9 síntomas de cinetosis en realidad virtual: incomodidad general, fatiga, dolor de ojos, dificultad de enfoque, dolor de cabeza, presión en la cabeza, visión borrosa, mareo (ha tenido que cerrar los ojos) y vértigo. Una vez valorados, siguiendo la formula de los autores del VRSQ (2018) se podrá obtener una medida estadísticamente significativa de la cinetosis sufrida.

- **Interpretabilidad.**

Describe la necesidad de que el entorno simulado tenga sentido, tanto por el uso de convenciones como por el uso de metáforas que se asemejen a situaciones de la vida cotidiana (Cronin, 2015). En definitiva, esta necesidad hace referencia a la capacidad de la herramienta de ser intuitiva, y de transmitir al usuario el funcionamiento de la experiencia para que pueda orientarse sin problemas. Si el usuario no es capaz de utilizar bien la herramienta y de entender su funcionamiento, no

tendrá valor alguno. Junto a la comodidad, la interpretabilidad determina la sensación de presencia del usuario dentro de la simulación, ya que si el entorno responde a sus movimientos y el usuario no tiene que preocuparse por entender el funcionamiento de la experiencia porque es semejante a la vida real, entonces se sentirá como si estuviera realmente en el escenario.

- *Utilidad.*

Hace referencia al valor que tiene la aplicación para el usuario, en cuanto a el encaje con la propuesta de valor definida y en cuanto a si los usuarios utilizarían la aplicación de disponer de ella. Si los usuarios no consideran útil la aplicación, no van a querer usarla.

- *Deleite.*

La atención al detalle y los elementos estéticos es la última necesidad que la aplicación debe satisfacer, y lo que hace agradable su uso. No porque sea la última necesidad es la menos importante, ya que el hecho de que la aplicación se no sea agradable para los usuarios puede hacer que dejen de utilizarla, por muy cómoda o intuitiva que sea. Es por esto por lo que Cronin (2015) explica que un MVP como el que se está haciendo en este trabajo debe tener todas las necesidades, pero las más inferiores en mayor medida, como se ve en la Figura 73. A medida que el MVP vaya creciendo, aumentará su capacidad de satisfacer las necesidades.

Estos criterios serán medidos con las observaciones que se obtengan durante el uso de la aplicación por los usuarios y con la entrevista final que se les hará, de forma que pueda medirse cada criterio con una puntuación del 1 al 5 que permita hacerse una idea de los criterios en los que más hay que incidir a la hora de refinar el prototipo.

10.2. Preparación de las pruebas

El cliente objetivo de este trabajo es un diseñador de experiencias y aplicaciones inmersivas en realidad virtual, por lo que se intentarán obtener perfiles de usuario que se dediquen profesionalmente a esto. Además, se intentará que los perfiles se asemejen a los dos tipos de personas definidos al comienzo del proyecto, en el apartado 6.1. Para ello, se buscarán perfiles entre los 25 y 40 años, con experiencia en realidad virtual, tanto en ocio como laboralmente. Conseguir al menos a cinco usuarios será suficiente. Como dice Nielsen (2000), cinco usuarios es el número óptimo de candidatos ya que a partir de este número las observaciones extraídas son mayoritariamente repetidas y no compensará el esfuerzo dedicado en realizarlas, y por debajo de este número, solo se detectarán el 75% de las observaciones posibles.

Los materiales de la sesión serán las propias gafas Samsung Gear VR, un móvil Samsung Galaxy S10 con el prototipo instalado, la impresión del guion de la sesión, un ordenador para que el usuario pueda diseñar y un dispositivo para grabar el audio de la sesión. Se realizarán en una sala con suficiente espacio para que el usuario no tenga obstáculos a su alrededor y pueda utilizar cómodamente el dispositivo, a la vez que disponer de un lugar cómodo para realizar la entrevista y tomar apuntes.

Antes de comenzar la sesión hay que realizar las siguientes tareas:

1. Preparar dispositivo de grabación.
2. Preparar ordenador con el archivo de diseño de Sketch.
3. Conectar el mando inalámbrico al teléfono.
4. Puesta en contexto del usuario en la realización de la prueba y la aplicación.
5. Iniciar la aplicación.
6. Enseñar al usuario a calibrar el mando y calibrarlo
7. Enseñar al usuario a grabar lo que ve por pantalla y activar la grabación.

10.3. Realización de las sesiones



Figura 74. Usuarios durante las pruebas de la aplicación. Elaboración propia.

Nota: de izquierda a derecha, Laura, Adalía y Sara.

Las sesiones se han llevado a cabo en el horario laboral de los participantes, en la empresa en las que todos trabajan, reservando una sala acorde a las condiciones necesarias. La duración de las pruebas ha sido de aproximadamente 45 minutos. Se citaron a los cinco entrevistados en días y horarios distintos, puesto que su disponibilidad estaba ligada a la carga de trabajo que tuvieran en cada momento, por lo que no ha sido posible realizar todas las pruebas en el mismo día. El perfil de los usuarios entrevistados se puede ver en la Tabla 17.

Tabla 17. Listado de usuarios participantes de las pruebas.

USUARIO	EDAD	OCUPACIÓN
Lidia	26	Diseñadora de experiencia de usuario con experiencia laboral en diseño de realidad virtual de 2 años.
Laura	32	Diseñadora de experiencia de usuario sin experiencia laboral en realidad virtual, pero con experiencia usándola como ocio.
Adalía	24	Diseñadora de experiencia de usuario sin experiencia laboral en realidad virtual, pero con experiencia usándola como ocio.
Juanfran	29	Diseñador de experiencia de usuario con experiencia laboral en diseño de realidad virtual de 2 años.
Sara	38	Diseñadora de experiencia de usuario con experiencia laboral en diseño de realidad virtual de 1 año.

Fuente: elaboración propia.

10.4. Guion de la sesión

Se comenzará agradeciendo al usuario su participación y poniéndole en contexto en cuanto al tipo de aplicación que va a utilizar y la motivación detrás de su diseño. Se explicará al usuario que tenga en cuenta los siguientes puntos:

- “La aplicación que vas a probar es un prototipo, por lo que su funcionamiento está limitado y puede no ser correcto en algunas ocasiones. Por favor, avisa si ves que algo no funciona bien”.
- “No se va a evaluar a la persona, sino que se evaluará la propia aplicación, por lo que no debes sentirte mal si no puedes realizar algo”.
- “Primero te pondré las gafas y te las ajustaré para que puedas ver el entorno de forma correcta y estés cómodo. Las gafas se han limpiado antes”.
- “El mando dispone de dos botones, un panel táctil, y un gatillo en la parte trasera. El panel táctil también se puede pulsar. Probablemente durante la realización de la prueba necesites recalibrar el mando para posicionarlo en una posición que te sea cómoda de usar. Para ello, mantén pulsado el botón “Atrás” durante unos segundos mientras apuntas hacia adelante”.
- “Esta prueba de usuario consistirá en que realices una serie de tareas que te voy a ir pidiendo. No te voy a ayudar porque lo interesante es analizar cómo te comportarías en una situación real. De todas formas, si te sientes atascado te guiaré para que puedas completar la prueba”.

- “Te voy a pedir que pienses en voz alta, ya que así será más fácil obtener observaciones. Cualquier sensación o opinión es importante para mejorar la herramienta”.
- “Dado que las gafas funcionan con un teléfono móvil, no puedo retransmitir lo que estás viendo a otra pantalla, por lo que te voy a pedir también que me vayas diciendo qué es lo que vas viendo y tocando, para poder seguirte durante la prueba. De todas formas, grabaré lo que ves para poder verlo después.”

En este punto se enseñará al usuario a entrar en el menú de Oculus y activar la grabación de la pantalla. Una vez el usuario vea un punto rojo parpadeando significará que la grabación ya se encuentra activa. Una vez preparado todo, ya puede comenzar con las tareas. El flujo que realizan las pruebas se ha grabado en video² con fines ilustrativos para mostrar el funcionamiento de la aplicación y el recorrido esperado de los usuarios.

1. *“Tienes un minuto para explorar la herramienta todo lo que quieras”.*
Objetivo: ver si entiende el mando, los controles, si le gusta el escenario, si encuentra el menú radial y si le parece extraño.
2. *“Necesito un cubo rosa y que lo coloques a tu derecha”. Cuando el usuario coloque el cubo: “ahora cambia su tamaño para que tenga medio metro cuadrado”.*
Objetivo: ver si sabe manejar el menú radial y si encuentra la opción de Cubo, ver si sabe seleccionarlo, ver si sabe cambiar su tamaño y su color, ver si sabe moverlo, ver si la distancia de la interfaz le parece correcta y ve bien la interfaz.
3. *“Necesito una esfera naranja y que la coloques a un metro de distancia de ti”.*
Objetivo: ver si mejora su manejo del menú y encuentra la opción más rápido, ver si maneja mejor la selección del objeto y el cambio de color, ver si descubre como acercar un objeto, ver si es capaz de ver la distancia del objeto con las guías del suelo.
4. *“Necesito que elimines todas las formas que hayas puesto en la escena”. Cuando el usuario las haya eliminado: “ahora quiero que metas un modelo de una mesa y lo coloques donde quieras”.*
Objetivo: ver si mejora el uso del menú radial, ver si puede eliminar, ver si encuentra la opción modelo, ver si maneja bien la interfaz, ver si busca correctamente, ver su manejo con el teclado, ver si sabe importar el modelo, ver si lo importa directamente a su izquierda o lo mueve tras importarlo.

² Salomone, N. (17 junio, 2019). *Pruebas de usuario de Bóveda*. [Archivo de video]. Recuperado de <https://youtu.be/YzJRYm4iWwg>.

5. *“Imagina que estás diseñando una tienda de zapatillas en realidad virtual. Tu te has hecho tus diseños en el ordenador y los has metido dentro de la aplicación como imágenes. Dispones tanto de paneles con los detalles de las zapatillas como de imágenes de las propias zapatillas. Quiero que metas en la escena cinco de estas imágenes y las coloques como quieras y montes tu propia aplicación como te guste”.*

Ver como el usuario prototipa un ejemplo real y ver qué acciones hace cuando tiene libertad. Analizar si mejora su uso con el tiempo.

6. *“Ahora imagina que te das cuenta de que te falta un botón de compra, así que te quitas las gafas y vas al ordenador a diseñar un botón”. Se invita al usuario a quitarse las gafas y utilizar el ordenador, que contiene un lienzo de Sketch abierto, en el que puede diseñar el botón de la forma que le guste. Tras diseñarlo: “la herramienta funciona con Marvel, así que para meter esta imagen en la aplicación basta con que la exportes al proyecto que te indicaré”. Tras exportar a Marvel la imagen: “listo, ahora ponte de nuevo las gafas y coloca tu botón donde quieras”.*

Ver como se integra la herramienta con el flujo de trabajo de un diseñador, ver si le es dificultoso subir a Marvel las imágenes.

7. *“Por último, imagina que has buscado un entorno de una tienda de zapatillas y que lo has metido dentro de la aplicación también. Cambia el entorno a una tienda de zapatillas”.*

Ver si maneja mejor el menú radial, ver reacción.

Una vez realizadas todas las pruebas, se detendrá la grabación del vídeo de las gafas y se invitará al usuario a quitarse las gafas, ya que habrá finalizado la prueba. Tras las tareas se entrevistará al usuario, primero con cuestionario y después con una entrevista estructurada. El cuestionario está formado por frases que el usuario tendrá que evaluar del 1 al 4, siendo 1 nada y 4 mucho, de forma que sea posible establecer una puntuación a los criterios de evaluación definidos en el apartado 10.1. A continuación, se listan las frases del cuestionario ordenadas por el criterio al que pertenecen para facilitar su consulta posterior.

- *Comodidad.*
 - Incomodidad general.
 - Fatiga.
 - Dolor de ojos.
 - Dificultad de enfoque.
 - Dolor de cabeza.
 - Presión en la cabeza.
 - Visión borrosa.
 - Mareo.
 - Vértigo.
 - Lo habría hecho mejor sentado.

- La iluminación de la escena me parecía escasa.
- Me ha costado ver bien los elementos.
- *Interpretabilidad.*
 - El menú radial me ha parecido fácil de usar.
 - El menú radial me ha parecido fácil de navegar.
 - Me ha sido fácil interactuar con los objetos de la escena.
 - Me ha sido fácil seleccionar un objeto.
 - Me ha sido fácil deseleccionar un objeto.
 - Me ha sido fácil mover un objeto.
 - Me ha sido fácil mover una interfaz.
 - La ubicación de las interfaces me ha parecido correcta.
 - Las indicaciones visuales del mando me han parecido claras.
 - He entendido cuando se seleccionaba un objeto y cuando no.
 - He entendido lo que significaban las opciones del menú.
 - He entendido que las opciones que aparecían en el mando afectaban al objeto seleccionado.
 - La ordenación de las opciones me ha parecido clara.
 - Las interfaces me han parecido claras.
 - Las guías del suelo me han parecido claras.
- *Utilidad.*
 - El menú radial me ha parecido eficiente.
 - Me ha sido fácil importar un modelo o una imagen a la escena.
 - Me ha sido fácil meter una imagen propia dentro de la aplicación.
- *Presencia.*
 - He tenido sensación de presencia en la escena por defecto.
 - Las guías del suelo me han dado sensación de espacialidad.
- *Deleite.*
 - La estética de la aplicación me ha parecido agradable.

Tras recoger las valoraciones del usuario de cada una de estas frases, se pasará a una entrevista estructurada abierta en la que se comentarán los aspectos más generales de la aplicación y sus impresiones. Se preguntará al usuario específicamente sobre los siguientes puntos:

- ¿Qué te ha parecido la herramienta?
- ¿Qué es lo que más te ha gustado?
- ¿Qué es lo que menos te ha gustado?
- ¿Qué mejorarías de lo que has visto?
- ¿Añadirías algo a la aplicación que consideras esencial?
- ¿Utilizarías la aplicación si la tuvieras terminada?
- ¿Crees que se adaptaría bien a tu forma de trabajar?

La prueba de usuario finalizaría en este momento, por lo que a continuación se mostrarán los resultados de cada uno de los entrevistados y las observaciones que se han extraído mientras utilizaba la aplicación.

10.5. Resultados de las pruebas

En general, los usuarios han disfrutado de la aplicación y les ha parecido una buena herramienta. La integración con Marvel es de los aspectos que más les ha sorprendido por lo simple que resulta exportar las creaciones a la aplicación y por no tener que aprender nada nuevo para poder realizarlo. Todos los usuarios destacaron que la aplicación podría integrarse perfectamente en su flujo de trabajo porque utiliza las herramientas que usan en su día a día y además es efectiva. Los dos usuarios con mayor experiencia en realidad virtual afirmaron con seguridad que llegarían a utilizar esta herramienta, y el resto de los participantes suponían que sí podrían utilizarla, pero no con seguridad. Al principio los usuarios no sabían cómo interactuar con la aplicación ya que no existían tutoriales, por lo que se les ha tenido que indicar cómo funcionan los casos en los que no podían descubrirlo por ellos mismos. El principio de la prueba ha servido correctamente como introducción al uso de la aplicación, y los usuarios notaban una mejoría en su uso a medida que iban aprendiendo y descubriendo funcionalidades. En el momento en que se les dejó más libertad fue cuando empezaron a disfrutar más de la aplicación, tanto para colocar las imágenes a su gusto (donde mostraban un manejo del movimiento de objetos y cambio de tamaño muy eficiente) como para diseñar su propio componente e insertarlo en la aplicación. El cambio de entorno sorprendió mucho a los usuarios porque les parecía una funcionalidad esencial para aumentar el nivel de realismo de su creación.

El menú radial ha tenido éxito. Ha gustado mucho a los usuarios y han disfrutado navegando por las diferentes opciones. Ha podido comprobarse durante el desarrollo de la prueba como al principio los usuarios comienzan siendo más lentos en su uso, pero lo utilizan cada vez más rápido con su uso. Por ejemplo, por fallos durante la prueba que posteriormente se comentarán, los usuarios preferían insertar nuevas formas para empezar desde el principio sin pedírselo, y rápidamente podían continuar con la prueba al no tardar apenas tiempo en instanciar una nueva forma. Esto ocurrió en varias ocasiones durante la prueba, lo que demuestra el aumento de confianza en el menú radial con el uso. Otro aspecto destacable del uso del menú radial es la rapidez con la que los usuarios eliminaban los objetos de la escena, ya que no tenían que

desplazar el dedo ni mirar al mando para hacerlo, ya que la opción se encontraba en el mismo sitio en el que estaba la anterior. Si bien en el resto de las funcionalidades sí que han tenido que mirar el mando constantemente, su uso ha sido cada vez más rápido en media hora de uso. Las acciones que los usuarios han llegado a realizar sin mirar han sido la invocación del menú Añadir, la cancelación de un proceso, mover un objeto y alejarlo y acercarlo, eliminarlos y seleccionarlos. De todas formas, el menú ha tenido problemas de implementación que frustraban a los usuarios, como una alta sensibilidad táctil o problemas de detección del dedo sobre la superficie del panel.

El diseño de las interfaces no ha supuesto un problema para los usuarios. Todas las interfaces invocadas han podido ser utilizadas y comprendidas sin ningún problema, y de hecho han gustado estéticamente.

10.5.1. Problemas encontrados

Aunque en general la prueba ha ido bien, se han recopilado muchas observaciones sobre problemas que han surgido, mayoritariamente problemas de implementación más que de diseño. En la Tabla 18 se recogen estos problemas, indicando el número de usuarios que los han sufrido, para poder analizar en las futuras iteraciones del proyecto cuáles son más críticas y cuáles no. Como estas pruebas no sirven exclusivamente para sacar a la luz problemas sino para mejorar la experiencia del usuario, se añaden soluciones posibles a cada problema, en base al comportamiento que se ha visto de los usuarios y sus peticiones, además del conocimiento que se dispone de la implementación de la aplicación.

Tabla 18. Recopilación de problemas observados en las pruebas de usuario y posibles soluciones.

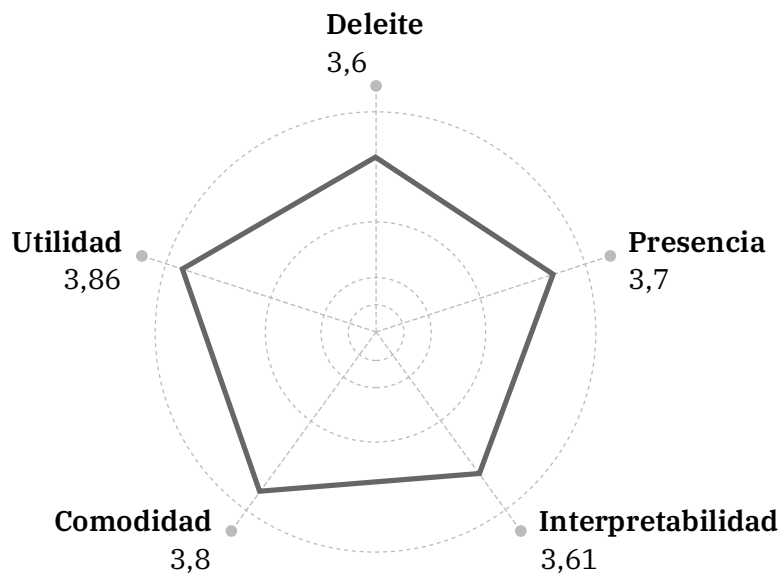
PROBLEMAS	SOLUCIONES POSIBLES	Nº USUARIOS
Los usuarios intentan mover un objeto a otra posición y los objetos sobre los que pasa por encima con el puntero se mueven también, descolocando la escena.	Que cuando un objeto se esté moviendo se desactiven las interacciones con el resto de los objetos.	5
Los usuarios se quejaban de que el mando estaba muy a su derecha.	Probar una localización más central del mando o del menú radial.	5
Los usuarios no supieron cómo mover un objeto sin que se lo indiquen.	Agregar un tutorial para enseñar cómo mover un objeto.	4
Los usuarios buscaban la opción de mover en las opciones del objeto.	Agregar un tutorial para enseñar cómo mover un objeto.	4
Los usuarios no supieron cómo alejar o acercar un elemento sin que se lo indiquen.	Agregar un tutorial para enseñar cómo mover un objeto.	4
Los usuarios intentaban corregir manualmente la rotación de las instancias para que estuvieran paralelas al suelo.	Probar a instanciar por defecto de forma paralela al suelo y no manteniendo la inclinación del mando.	4
Los usuarios tuvieron que calibrar el mando más de una vez porque se les había descolocado.	Al ser un fallo de la plataforma poco se puede hacer, pero se podría pensar cómo evitar lo máximo posible que el usuario rote sobre sí mismo para evitar que el mando se descalibre con tanta frecuencia.	4
Algunos usuarios no descubrieron el menú radial hasta que no se les indicó.	Agregar un tutorial para enseñar cómo usar el menú radial.	3
Algunos usuarios consideran que el menú radial es muy sensible.	Revisar sensibilidad táctil del menú radial y el área de selección de opciones.	3
Algunos usuarios encontraron incómodo que las interfaces aparecieran siempre a su derecha.	Revisar una forma de instanciar las interfaces que no sea a donde el usuario esté mirando, porque seguramente esté mirando el mando al invocarla.	3
Algunos usuarios consideraron difícil establecer rotaciones con ángulos tan precisos.	Plantearse una rotación por incrementos o controles adicionales para poder hacerlo de forma incremental.	3
Algunos usuarios tuvieron problemas a la hora de escalar los objetos porque los manejadores provocaban cambios bruscos de tamaño.	Revisar en el código por qué ocurre esto.	3
Algunos usuarios no supieron que podían mover interfaces.	Pensar algún tipo de indicador visual para dar a entender que pueden agarrarse las interfaces o mencionar este aspecto en el tutorial de movimiento.	3

Algunos usuarios pulsaron sin querer el botón Home del mando y abandonaron la aplicación.	Este comportamiento no se puede desactivar al ser oficial. Pensar formas de evitar que el usuario calibre constantemente el mando.	2
Algunos usuarios no supieron cómo seleccionar los objetos para modificarlos.	Agregar un tutorial para enseñar como modificar un objeto.	2
Algunos usuarios echaron de menos tener una referencia de la distancia en el mando al alejar o acercar.	Agregar un indicador de la distancia a la que se encuentra el objeto durante el movimiento en profundidad.	2
Algunos usuarios confundieron el botón “Cancelar” con el de “Eliminar”.	Revisar estilo de estos botones.	2
Algunos usuarios no supieron cuándo se seleccionan o no los objetos porque el borde solo aparece en unos y no en otros.	Intentar encontrar la forma de mostrar un borde en una imagen.	2
Algunos usuarios intentaron posar los objetos en el suelo.	Revisar los <i>Collider</i> para poder colocar los objetos en el suelo y que no lo atraviesen.	2
Algunos usuarios tuvieron dificultades para recorrer el menú radial porque se atascaba si no se despegaba el dedo del panel táctil.	Revisar en el código por qué ocurre esto.	2
Algunos usuarios eran zurdos y el mando no estaba adaptado para este tipo de personas.	Copiar la configuración del mando derecho en el mando izquierdo para que los usuarios zurdos puedan utilizar la aplicación.	2
Algunos usuarios encontraron pequeños los textos del menú radial	Revisar el tamaño de las etiquetas del menú radial.	2
Algunos usuarios se sintieron confusos con el icono de selección porque pensaron que estaban en el paso de confirmar su posición.	Plantear un icono distinto para la selección de un objeto.	2
Un usuario intentó interactuar con la interfaz usando el gatillo en vez de la pulsación del panel táctil	Revisar si es posible dedicar un área a mover una interfaz y otra a interactuar con ella para permitir la interacción por gatillo.	1
Elimina un objeto sin querer	Plantear un diálogo de confirmación al hacer una eliminación.	1

Fuente: elaboración propia.

10.5.2. Análisis de los criterios de evaluación

Tras analizar las puntuaciones que dieron los usuarios a cada una de las frases enunciadas, se puede concluir que la aplicación ha cumplido satisfactoriamente los aspectos de los criterios planteados para esta fase del prototipo. Cada necesidad de la realidad virtual ha sido evaluada cercana al 4, con una puntuación media mostrada en la Figura 75. Se puede apreciar como la comodidad y la utilidad son las necesidades mejor satisfechas, y el deleite la que menos satisfecha está, pero se puede considerar como exitoso el resultado dadas las altas puntuaciones que han recibido.



*Figura 75. Necesidades de la realidad virtual puntuadas por los usuarios de la prueba.
Elaboración propia.*

La comodidad se ha visto perjudicada por los problemas técnicos del mando, que obligaba a calibrarlo cada cierto tiempo porque se descolocaba y hacía que el usuario lo perdiera de vista. Además, el mando solía colocarse demasiado a la derecha del usuario, lo que le obligaba a hacer un esfuerzo con el cuello para poder verlo. También ha afectado que dos de los cinco usuarios eran zurdos y que el prototipo no estaba preparado para manejar el mando con la mano izquierda. Estos aspectos tendrán que ser revisados ya que esta necesidad es la base de la pirámide y es la primera que hay que satisfacer.

En cuanto a la interpretabilidad, los usuarios entendieron bien la mayoría de los elementos de la aplicación, puntuando con puntuaciones más bajas las frases que hacían referencia al uso del menú radial, la ubicación de las interfaces y el movimiento de los objetos. El primer aspecto se debe a la alta sensibilidad táctil que los usuarios percibieron a la hora de manejar el menú, que hacía que tuvieran que tener más cuidado a la hora de apuntar a la opción que querían, lo que reduce su facilidad de uso. El segundo aspecto se debe al lugar de aparición de las interfaces, que al estar configurada como el lugar a donde esté mirando el usuario, aparece a la derecha porque al invocarlas el usuario se encuentra mirando el mando. Esto provocaba que el usuario

tuviera que girar su tronco o moverse para poder interactuar de forma más cómoda. El último punto se vio penalizado porque al agarrar un objeto para moverlo hacia otro lado, si se pasa el puntero por encima de otro objeto, ese otro objeto pasará a moverse, dejando el primer objeto en su lugar. Esto ocurre porque todos los objetos tienen configurado que cuando el puntero se encuentre apuntándolo y el gatillo esté pulsado, ese objeto se mueva junto con el puntero, sin tener en cuenta si un objeto ya está siendo manipulado previamente o no. Estos aspectos han penalizado la puntuación de la interpretabilidad, pero son fallos que pueden corregirse en la implementación. La presencia ha sido bien puntuada, especialmente el uso de guías de distancia, que aumentaba la sensación de profundidad de la escena al poder tener referencias de la perspectiva de la escena.

La utilidad ha sido la necesidad mejor puntuada, ya que los usuarios pudieron comprobar lo fácil que era importar elementos externos a la escena y añadir imágenes propias a la aplicación. Esta necesidad se vio penalizada por el menú radial, ya que los problemas de implementación ya mencionados han afectado negativamente a la eficiencia de este, aunque los usuarios lo consideraban eficiente.

Por último, el deleite ha sido también bien puntuado, penalizado por cambios estéticos de las opciones de “Cancelar” y “Eliminar”.

Con el objetivo de mejorar cada vez más esas necesidades y el valor que los clientes dan a la aplicación, se deberán aplicar los cambios sugeridos o hallar mejores soluciones a los problemas planteados, además de continuar con la iteración del prototipado e implementar las funcionalidades restantes para tener listo el mínimo producto viable cuanto antes para poder comenzar las gestiones para convertir esta aplicación en un modelo de negocio. En los siguientes apartados se desarrolla el análisis del entorno de la aplicación y el plan de negocio de la empresa que será creada para la aplicación a desarrollar, que recibirá el nombre de Bóveda.

11. Análisis contextual

11.1. Entorno socioeconómico

La aplicación tiene un potencial impacto social y económico a largo plazo porque no existe a una escala tan grande una aplicación que permita realizar el prototipado de aplicaciones y experiencias en realidad virtual y que esté al alcance de tantas personas. Todo el potencial impacto que se puede derivar de la existencia de la aplicación en el mercado es un efecto que consigue la propia inclusión del prototipado en el ciclo de desarrollo de este tipo de aplicaciones, ya que permite acelerar el diseño de cualquier producto o servicio y permite evaluarlo a un bajo coste. Es una fase muy potente que este sector necesita cuanto antes.

Uno de los objetivos que tiene la empresa que se creará en este trabajo, Bóveda, es la inversión en conocimiento, es decir, ser un instrumento que permita a todos los

participantes del sector poder realizar aquello que tienen en mente, independientemente de que se dediquen profesionalmente o no al diseño o desarrollo de aplicaciones en realidad virtual. La sola existencia de una manera fácil de plasmar y probar ideas en realidad virtual permitirá a las personas que no tienen los conocimientos necesarios para programar estas aplicaciones crear y compartir sus creaciones, y es al compartir el momento en el que el sector se ve beneficiado del aumento de personas que crean, ya que estas creaciones sirven de inspiración para otros creadores, informan sobre nuevas soluciones a problemas comunes, crean nuevas formas de interacción, muestran ejemplos de aplicaciones que hasta ahora no se habían planteando que podrían tener valor en realidad virtual, entre otros muchos beneficios. El sector es muy nuevo, y pocos estándares existen para estas aplicaciones. Cuanta más gente pueda crear, mayor será el conocimiento que se disponga, y Bóveda pretende ser el instrumento que haga posible mejorar este conocimiento con el tiempo. Este impacto inducido pretende ser uno de los pilares del posicionamiento de Bóveda a nivel comunicativo, desarrollado en el apartado 14.1.3 y la misión de Bóveda, definida en el apartado 12.1.

La inversión en conocimiento tendrá un impacto indirecto en el sector reflejado en un aumento del uso de la realidad virtual, tanto porque es un ejemplo más de un uso que se le puede dar a la realidad virtual fuera del entretenimiento, como por el aumento de la calidad de las aplicaciones futuras, que cuando se lancen al mercado verán un mayor interés por parte de los consumidores y un aumento de la demanda en el mejor de los escenarios. Empresas dedicadas profesionalmente al desarrollo podrán ver un incremento en la productividad y la calidad de sus creaciones, que se traduce en un aumento en la demanda de empresas cliente al ver cada vez mejores resultados.

Los apartados siguientes analizan el sector de la realidad virtual desde un aspecto macroeconómico y microeconómico, para poder tener toda la información posible para poder desarrollar un plan de empresa con esta aplicación. La empresa tendrá un impacto directo en la creación de empleos para el desarrollo de la aplicación, explicados en el apartado 15, y en los gastos e ingresos estimados de la ejecución de este plan que se pueden ver en el análisis financiero del apartado 16.2. En lo que respecta a este trabajo, su presupuesto es gratuito, aspecto que se tendrá en cuenta a la hora de elegir el modelo de financiación posteriormente (ver apartado 16.1), y en lo que respecta al desarrollo de la empresa, el desembolso inicial necesario es de 251,30€, como se explica en el apartado 12.2.

11.2. Entorno macroeconómico

El macroentorno consiste en todas aquellas influencias externas que están fuera del control de la empresa pero que afectan a sus decisiones y a sus resultados (Grant, 2014). El análisis PESTEL muestra una simple organización para poder medir los factores externos que componen el macroentorno: políticos, económicos, sociales, tecnológicos, medioambientales y legales. Sin embargo, como afirma Grant (2014), el análisis de un rango tan amplio de influencias externas es costoso y puede resultar en una

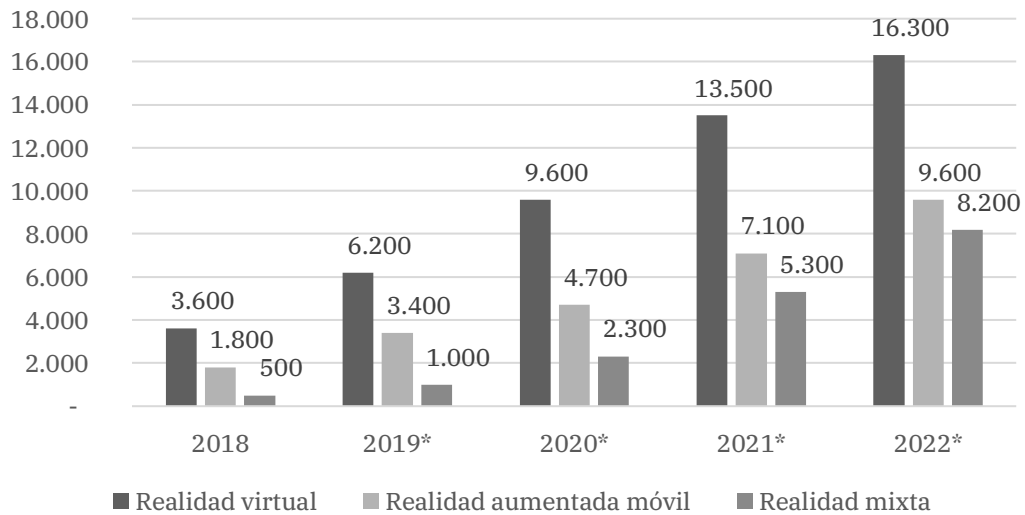
sobrecarga de información, por lo que lo importante a la hora de analizar el entorno externo de una empresa es analizar aquellos aspectos de los factores del macroentorno que afecten al entorno de la industria de la empresa, es decir, que afecten a sus clientes, sus proveedores o su competencia. Por este motivo, el siguiente análisis se centrará en el entorno de Bóveda como empresa, además de por evitar plasmar en este trabajo datos que no sean relevantes.

- *Políticos.*

El panorama político de España actual no es concreto, debido a que por mayoría el partido político PSOE ha ganado las elecciones del 28 de abril de 2019, pero no dispone de mayoría absoluta para gobernar, por lo que el Gobierno español tendrá que ser un Gobierno de coalición, que hoy en día no está claro por qué partidos va a estar formado. Con las elecciones recientes, el nuevo Gobierno del PSOE pone en su programa electoral (PSOE, 2019) nuevas propuestas sobre la mesa en cuanto a empresas emergentes – o *startups* – se refiere, especialmente en su reconocimiento legal como una categoría de empresa distinta a las PYMES. La primera de ellas es la nueva Ley de *Startups*, que contemplará acciones como beneficios fiscales al regularse sus primeras inversiones como I+D+i, beneficios fiscales para quienes inviertan en *startups*, ya sean inversores particulares, *bussines angels* o empresas. Si bien esta ley lleva en consulta desde diciembre de 2018, hoy en día no ha sido aprobada, pero tras las elecciones se espera que se apruebe en el corto plazo. Otras medidas al respecto es la simplificación de las cargas administrativas de este tipo de empresas para que se centren lo máximo posible en desarrollar su producto, la creación de la Oficina Nacional de Emprendimiento para dar visibilidad, orientación y apoyo a potenciales emprendedores o empresas que ya lo son, o la creación de la Red Estatal de Incubadoras y Aceleradoras para apoyar a este tipo de productoras en su actividad de mentorización y asesoramiento. Por último, la simplificación del proceso de obtención de un NIE por parte de los inversores extranjeros permitirá incentivar en gran medida la entrada de capital en los *startups*. Estas propuestas se esperan que se cumplan durante los primeros años de la legislatura.

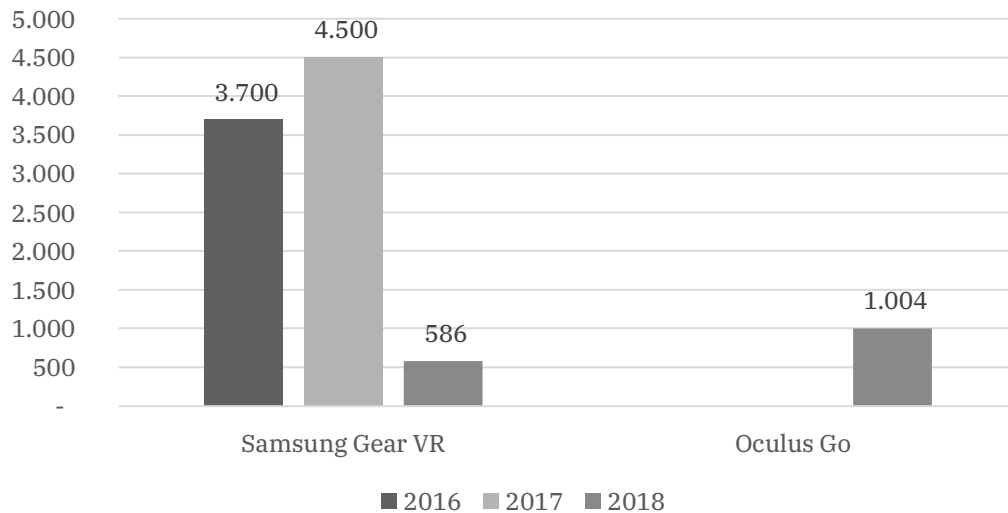
- *Económicos.*

El mercado de la realidad extendida tiene unos ingresos totales de 5.900 millones de dólares en todo el mundo, y espera un crecimiento del 442% para cuando llegue el año 2022 (SuperData, 2019b). El mercado es prometedor, aunque se esperan más porcentaje de beneficios por venta de dispositivos hardware que por software, al igual que un mayor ritmo de crecimiento. Concretamente, el sector de realidad virtual espera un crecimiento de aproximadamente 3.000 millones de dólares anuales, mucho mayor que el resto de los sectores.



Gráfica 1. Ingresos mundiales por software y hardware de realidad extendida en millones de dólares. Elaboración propia a partir de SuperData (2019b).

El análisis de SuperData (2019c) sobre los datos de finales de 2018 muestran que los usos que se le dan a la realidad virtual son principalmente de entrenamiento formativo con un 71% de la demanda, debido a que la realidad virtual elimina la necesidad de desplazarse, de llevar a empleados a lugares de alto riesgo o contratar instructores especializados para formarles en su empleo. A este uso de la realidad virtual en empresas le siguen el diseño e ingeniería, análisis e investigación y salas de exposiciones y ventas, entre otros. En cuanto a la inversión de las empresas en dispositivos de realidad extendida, SuperData (2019c) estima que la inversión en dispositivos de realidad virtual se mantenga constante en 5.100 millones de dólares, mientras que la inversión en realidad aumentada y mixta se espera que suba desde los 6.000 hasta los 8.000 millones de dólares. Es en realidad aumentada y mixta donde se estima que las empresas representen el 85% de la demanda de estos dispositivos en 2019, y que continúen representando la mayoría de la demanda hasta 2022. Este panorama da buenas expectativas en cuanto a la cantidad de proyectos que las empresas empezarán a desarrollar a partir de este mismo año en este ámbito. El desarrollo de estos proyectos lleva implícito su diseño, por lo que las empresas serán un buen lugar donde la herramienta desarrollada en este proyecto tenga cabida. Aunque la herramienta esté desarrollada en realidad virtual, su objetivo es poder ofrecer una forma de prototipar experiencias y aplicaciones inmersivas, por lo que el aumento del interés por las empresas en proyectos y dispositivos de realidad aumentada y mixta también son buenas señales para la aplicación.

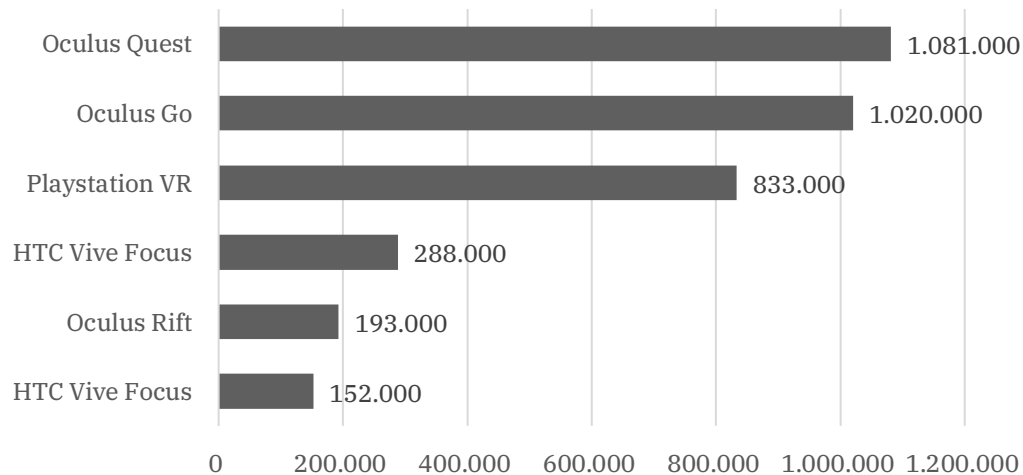


*Gráfica 2. Ventas totales de dispositivos de plataformas 3DOF de Oculus (en miles).
Elaboración propia a partir de SuperData (2018) y SuperData (2019b)*

Las ventas de dispositivos de realidad virtual durante 2018 fueron buenas, especialmente por la aparición de las Oculus Go en mayo de ese año, que provocó un aumento de las ventas de todos los dispositivos, especialmente de las PlayStation VR (SuperData, 2019b). Se espera una buena base de consumidores por parte de la aplicación a desarrollar debido a la gran cantidad de consumidores que disponen ya de las Samsung Gear VR y de las Oculus Go. Esto se debe al gran éxito en ventas de las Samsung Gear VR durante 2016 y 2017, tanto por la novedad que suponía como por el reducido precio que tenía en comparación con las gafas del mercado de esos años. Estas gafas se mantuvieron líderes en ventas hasta que en 2018 las PlayStation VR le quitaron el liderazgo al buscar los consumidores experiencias de mayor calidad. Las Oculus Go consiguieron llegar al millón de ventas a finales de 2018 por las fiestas navideñas donde consiguieron 555 mil dispositivos vendidos, al ser un dispositivo atractivo para los primeros compradores de realidad virtual debido a su facilidad de uso al no depender de otros dispositivos para su funcionamiento y del su precio de salida de 199 dólares, un precio medio comparado con el resto de los dispositivos del mercado. Como se puede ver en la Gráfica 2, los usuarios con Samsung Gear VR ascienden a un total de 8.8 millones de unidades, que son mucho mayores que los que tienen Oculus Go vendidas hasta comienzos de este año. Ambos suman una cantidad de 9.8 millones de personas que poseen estas gafas, aunque habrá que tener en cuenta que no todos las utilizan asiduamente.

Las estimaciones de SuperData para 2019 (Llamas, 2019) mostradas en la Gráfica 3, estiman que las nuevas Oculus Quest serán las líderes en ventas con 1.1 millones de unidades estimadas, superiores al resto de dispositivos. Muy cerca a esta se estiman 1.020 unidades vendidas de las Oculus Go, por encima de las PlayStation VR, con 0,8 millones de unidades vendidas. Esto se debe a que esos dispositivos no dependen de otros para su uso, por lo que será mucho más atractivos a los consumidores convencionales, mientras que los distintivos que requieren consola o PC serán para un número más reducido de consumidores más especializados.

Analizando la tendencia en ventas de las Samsung Gear VR, no debería sorprender que la falta de datos estimados para estas gafas deje intuir que se encuentran por debajo de las 152.000 unidades de las HTC Vive Focus, por lo que no se esperan grandes ventas.



*Gráfica 3. Ventas anuales de dispositivos de realidad virtual estimadas para 2019.
Elaboración propia a partir de Llamas (2019)*

Las aplicaciones de realidad virtual se consideran equivalentes a un videojuego y se distribuyen por medio de tiendas especializadas en este tipo de contenidos. El precio de estas aplicaciones siempre incluye el 21% de IVA para productos digitales en España.

- *Sociales.*

Cada vez son más las personas que se adentran dentro del mundo digital, ya sea por el uso de sus teléfonos móviles, la digitalización de sus entornos y procesos laborales, o el consumo de entretenimiento audiovisual. Esta transformación digital se ha plasmado también en metodologías educativas donde los más pequeños utilizan dispositivos electrónicos que los acompañan durante su formación, por ejemplo, con la sustitución de los libros en papel por formatos electrónicos. Incluso la publicidad ha tomado gran importancia en el entorno digital gracias a las redes sociales, donde incluso se remunera a personas para que publiquen sus productos a sus seguidores. Cada vez se crea más contenido digital, y su presencia global ha aumentado la importancia en estos últimos años de lo que se conoce como experiencia de usuario, que se centra en diseñar experiencias que los usuarios encuentren agradables y puedan usarlas de la mejor forma posible. Esto ha aumentado la importancia del diseño en los procesos de desarrollo de software, y con ello la presencia de los diseñadores en los equipos de desarrollo, que antes solo estaban formados por perfiles totalmente técnicos. El desarrollo en realidad virtual, al igual que el desarrollo en videojuegos no solo incorpora perfiles diseñadores de experiencia de usuario, sino que incorpora diseñadores de arte, de niveles o de interacción. El aumento de la demanda de los perfiles de diseño es una buena noticia para la aplicación a desarrollar, ya que el prototipado es esencial en sus metodologías de trabajo.

La presencia de la tecnología de forma global no solo mejora el desempeño de las personas en su uso, sino que disminuye el miedo a probar tecnologías nuevas. Este último punto favorece la expansión de la realidad extendida entre los consumidores convencionales. Estadísticas de este año de Statista (2019) muestran el aumento del número de usuarios activos de realidad virtual a lo largo de estos últimos cinco años. El total de usuarios activos en 2018 ascendió a 171 millones, cuyos perfiles de usuarios fueron de un 9% de innovadores (o usuarios de alta dedicación), un 24% de pioneros o *early adopters* (o usuarios casuales), y un 64% de mayoría temprana (en su mayoría niños y adolescentes). Para la aplicación a desarrollar es más importante saber qué cantidad de usuarios tienen un dispositivo a su alcance más que el momento en que lo adquirieron, pero estos datos permiten inferir también qué cantidad de usuarios con realmente activos. Los clientes objetivo de la aplicación son perfiles de diseñadores profesionales, que no tienen por qué ser usuarios de alta dedicación, pero sí se espera un perfil entre casual y mayoría temprana.

- *Tecnológicos.*

La detección del espacio en realidad virtual estaba siendo realizada hasta ahora mediante rayos infrarrojos en el caso de las Oculus Rift o las HTC Vive. Esto permitía a estas plataformas tener 6 grados de libertad de movimiento (6DOF), al poder contar con la rotación y la posición en el espacio de la cabeza y los mandos, lo que permitían conseguir experiencias inmersivas más realistas. Las plataformas 3DOF, en cambio, limitan este movimiento a la rotación de la cabeza y la de un mando, sin posicionamiento espacial, pero tienen el beneficio de poder ser independientes de otros dispositivos, cosa que las plataformas 6DOF necesitaban, tanto para ejecutar sus experiencias como para detectar su posición con emisores de infrarrojos. Actualmente se encuentran en desarrollo nuevas tecnologías de posicionamiento espacial a través de imágenes capturadas por cámaras ubicadas en las gafas, como se pueden ver en las gafas de realidad mixta Magic Leap (2019) (en desarrollo) o en las recientemente lanzadas Oculus Quest. Se estima un gran éxito de estas plataformas debido a que permiten ejecutar experiencias en 6DOF con el beneficio de no tener que disponer de otros dispositivos, estimando sus ingresos en un 68% del beneficio total del mercado en 2019 (Llamas, 2019). Se podría esperar que acaben sustituyendo completamente a las plataformas 3DOF, pero por su reducido precio se estima que en el próximo año sigan teniendo éxito (Llamas, 2019).

- *Legales.*

La publicación de la aplicación en una tienda digital tendrá que cumplir los requisitos que estas exijan, desde requisitos estéticos o funcionales hasta legales, ya que de lo contrario la aplicación no será publicada ni distribuida.

Será necesario redactar unas condiciones de uso de la aplicación que dejen claro los permisos que se requieren al usuario para el acceso a sus datos y el objetivo de estos. En el caso de la aplicación actual, por ejemplo, se accede al micrófono del dispositivo para poder realizar un dictado de voz a texto, sin ningún otro objetivo. Además de los permisos, se deben dejar claras las condiciones que se deben

cumplir para que su uso sea el correcto y legal, especificando los casos concretos que sean necesarios para poder evitar sanciones o problemas futuros (PymeLegal, 2017), incluyendo excepciones de responsabilidad. También es conveniente reservarse los derechos de uso de la marca, logotipos, y todo lo correspondiente a la propiedad intelectual de la aplicación.

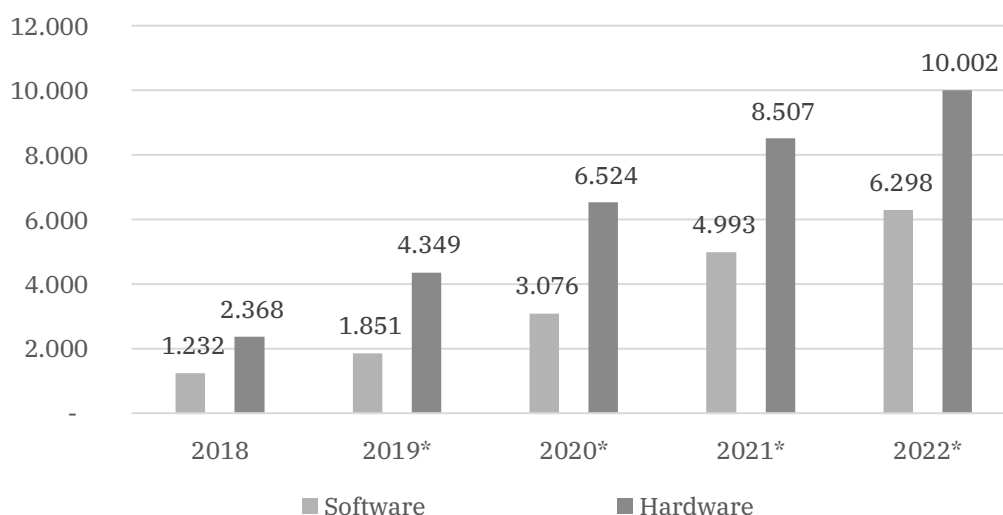
También será necesario especificar una política de privacidad que indique el objetivo del tratamiento de datos recabados del usuario, siempre con el consentimiento del usuario. Será necesario que se cumpla el Reglamento General de Protección de Datos 2016/679 para empresas que residan u operen en la Unión Europea, en la que se da un mayor control a los usuarios de los datos que los servicios recaudan sobre ellos y la Ley Orgánica de Protección de Datos Personales y Garantía de los Derechos Digitales 3/2018 para las empresas que operan en España. Este aspecto en concreto se desarrolla en más profundidad en el apartado 13, pero para el análisis actual es suficiente remarcar que hay que tenerlo en cuenta.

- *Medioambientales.*

No existen puntos a analizar en este ámbito que sean aplicables a esta empresa.

11.3. Ciclo de vida del sector

Analizando la Gráfica 4, se puede ver que el crecimiento del sector es casi lineal. Los ingresos obtenidos por hardware están estimados que crezcan a una mayor tasa que los obtenidos por software, sector al que pertenece la empresa. Utilizando los datos se puede ver que el crecimiento medio estimado del sector de software es del 34% anual, una buena tasa que además tiende a ser constante. Es claramente un sector en crecimiento que se encuentra lejos de su madurez.



*Gráfica 4. Ingresos de realidad virtual estimados en millones de dólares.
Elaboración propia a partir de SuperData (2019b)*

Según Grant (2014), los sectores en crecimiento tienen una demanda que penetra rápidamente en el mercado, en el que la innovación es continua y rápida, y en el que la tecnología dominante se convierte en el estándar de la competencia. Por eso, los principales gastos que tienen las empresas de este sector son principalmente en inversión en I+D y en la venta de los productos y su distribución. Los factores clave de Grant (2014) para el éxito de las empresas que operan en este tipo de sectores son el diseño del producto, el rápido desarrollo de este, incorporar innovaciones en el proceso de desarrollo, acceder a la distribución para explotar una mayor capacidad de producción y la construcción de la marca.

11.4. Entorno microeconómico

El método más utilizado para analizar la competencia son las cinco fuerzas de Porter, que permiten inferir la rentabilidad de una industria en base a cinco fuentes de presión competitiva (Grant, 2014). Se analizará el entorno competitivo de la empresa mediante este método desde el punto de vista de un futuro nuevo entrante, explicando cada una de las fuerzas y deduciendo la rentabilidad esperada en base a los resultados. El sector al que pertenece la empresa es el sector de la realidad virtual, concretamente del desarrollo de software para la misma. Para hacer un análisis más minucioso de la competencia es necesario centrarse en los mercados definidos de una forma más reducida, ya que “la competencia varía entre los diferentes submercados en un sector” (Grant, 2014), como es el caso. Por ello, se va a realizar el análisis del entorno de la empresa enfocando concretamente al segmento de las aplicaciones para diseñar en realidad virtual.

- *Rivalidad entre competidores.*

Se corresponden con aquellas empresas que operan dentro de la misma industria y que se encuentran ya asentadas. El número de empresas en el sector de realidad virtual cuyos productos estén destinados al diseño es amplio, pero solamente una

de las empresas se encarga actualmente de proveer un producto destinado al prototipado: Sketchbox. Algunas de las otras herramientas pueden utilizarse para prototipar, pero no están destinadas a ello, sino más bien al diseño artístico con posibilidad de dibujar, modelar figuras o crear animaciones en tres dimensiones. Se podría asegurar que, en herramientas de prototipado en realidad virtual, Sketchbox es quien tiene todo el mercado ahora mismo y lleva rentabilizándolo desde marzo de 2017 (Sketchbox, 2019c). Por los datos estudiados en el análisis PESTEL del apartado 11.2, se estima un buen crecimiento de la demanda y sin aparente exceso de oferta, lo que aumenta la rentabilidad esperada del sector. Por último, las barreras de salida se limitan a aquellas que requieran las terminaciones de los contratos laborales con los trabajadores de la empresa y de la liquidación de los activos que se hayan adquirido para la actividad de la empresa, ya que el desarrollo de aplicaciones no requiere de mucho más para poder realizarse.

Cuanta más rivalidad exista, menos rentable será el sector. En este caso, la rivalidad es baja porque solo existe un competidor, no hay riesgo de guerra de precios. Por otro lado, el resto de los aspectos muestran una rentabilidad alta, por lo que se puede deducir que las empresas asentadas tienen una buena rentabilidad.

- *Amenaza de nuevos entrantes.*

Hacen referencia a la atracción de nuevos competidores para operar en el mismo sector tanto de empresas nuevas como de empresas que están diversificándose. Como nuevo entrante del sector se encuentra Moment, una de las herramientas analizadas en el apartado 3.1.2.3 orientada específicamente al prototipado en realidad virtual en plataformas 6DOF, cuyo producto ha sido anunciado, pero no ha sido lanzado aún al mercado. En el momento en que el producto sea lanzado, entraría a competir directamente con Sketchbox. Otras herramientas de diseño en realidad aumentada actuales como Torch pueden llegar a diversificarse hacia el diseño en realidad virtual, pero ninguna ha confirmado actualmente algo por el estilo entre sus planes futuros.

Bóveda formaría parte de este grupo de empresas que serían una amenaza para el sector al ser un futuro nuevo entrante, por lo que las barreras de entrada serán un impedimento que disminuye la rentabilidad del sector. Por supuesto, una vez dentro del mercado, la existencia de estas barreras será un beneficio que aumente la rentabilidad del sector, pero antes es necesario superar esta desventaja. La principal barrera de entrada es la inversión necesaria, ya que desarrollar una aplicación que este a la altura de las exigencias del mercado, y, más concretamente, de una aplicación que lleva dos años en desarrollo como Sketchbox no es una tarea sencilla y requiere de varios perfiles profesionales para poder desarrollarse de la mejor forma posible. Esta inversión recae principalmente en los recursos humanos de la empresa, las campañas de *marketing* y reconocimiento de marca, y los activos que se tengan para el desarrollo del producto, como las gafas.

Otro punto para tener en cuenta es que Sketchbox acapara toda la cuota de mercado actual, por lo que al entrar en este mercado los costes de producción unitarios van a ser muy altos comparados con los de Sketchbox, que se beneficia de economías de escala. El tiempo que lleva asentado en el mercado esta herramienta puede darle ventaja en costes y economías de aprendizaje que no se disponen al entrar en el mercado. Por otra parte, como en este sector los productos están muy diferenciados, los costes de publicidad necesarios para obtener el mismo reconocimiento de marca y a la misma fidelidad de clientes que tiene Sketchbox son una barrera alta. Dado que el producto que se está desarrollando en este trabajo está orientado a plataformas en las que Sketchbox no está disponible, dispone de una diferenciación capaz de satisfacer un nicho de mercado que Sketchbox no puede, ni tiene intención de satisfacer, al menos públicamente. Esta oportunidad no parece querer ser satisfecha por otras herramientas tampoco, por lo que se prevé que la rentabilidad del sector va a compensar la pérdida de rentabilidad que estas barreras de entrada puedan suponer.

- *Amenaza de sustitutivos.*

Son productos que provienen de otro sector y compiten como alternativa al que la empresa está comercializando, y afecta directamente al comportamiento de los consumidores, al poder elegir entre un producto u otro. Aunque la herramienta a desarrollar se encarga de prototipar en realidad virtual, es muy posible que los diseñadores – clientes a los que va dirigido esta aplicación – sigan utilizando para este fin los programas a los que está acostumbrado, aunque diseñe con una pantalla plana. De todas formas, el resultado de ambos productos no es el mismo, ya que uno permite obtener un prototipo inmersivo y otro plano a través de una pantalla, por lo que estos programas de diseño no pueden considerarse del todo sustitutivos. Sin embargo, los programas de desarrollo como Unity sí que pueden obtener resultados equivalentes a los que se pueden obtener con Bóveda, incluso mejores, ya que estos programas son los que verdaderamente se utilizan para implementar estas experiencias o aplicaciones. Estos programas por tanto son una amenaza para las empresas asentadas y entrantes, ya que de disponer los usuarios de conocimientos suficientes para manejar estos programas es posible que los prefieran a las herramientas de este mercado. Además, la relación calidad-precio de estos productos suponen una gran amenaza – Unity es gratuito, por ejemplo – porque vuelve a los consumidores muy sensibles a un aumento en el precio del producto. Esta es la principal amenaza que tienen las empresas de este mercado, y lo que podría explicar por qué no existen suficientes aplicaciones con este objetivo todavía, dadas las pérdidas de rentabilidad de podrían suponer.

- *Poder de negociación de los clientes.*

Son los consumidores que pagan por el producto que comercializa la empresa, y ejercer una fuerza porque tienen poder de negociación, por lo que el comportamiento de estos influirá en las decisiones de la empresa. La aplicación, aunque va enfocada directamente a diseñadores de experiencias inmersivas, puede ser descargada por cualquier tipo de usuario que disponga de las gafas donde esté disponible y pueda realizar compras desde las tiendas distribuidoras. Como los productos de este mercado están bien diferenciados hay menos posibilidades de que el

consumidor lo acabe sustituyendo por otro más barato, por lo que los vuelve menos sensibles al precio. Al mismo tiempo, si el cliente siente que la calidad del producto mejora la calidad de su trabajo, serán igualmente menos sensibles al precio. Cuanta menos sensibilidad al precio tengan los consumidores, más rentabilidad porque intentarán negociar menos. Por otra parte, no hay un alto riesgo de integración vertical de los clientes. Dependiendo de la recepción que tenga el producto el número de compradores será mayor o menor, pero su poder de negociación será menor cuanto más existan, ya que el coste de perder alguno se reduce (Grant, 2014). El poder de negociación de los clientes no supone una gran fuerza que pueda reducir la rentabilidad del sector.

- *Poder de negociación de proveedores.*

Son aquellas empresas que proveen a la empresa de las entradas que necesita para poder desarrollar su actividad. Ahora mismo la aplicación utiliza servicios de terceros como Marvel, IBM Watson o Google Poly para poder realizar sus funcionalidades más diferenciales. Actualmente estos servicios son de uso gratuito y proveen una API con soporte y mantenimiento que, si dejan de existir, habría que incurrir en costes por cambios en la aplicación. Los proveedores, no tienen un poder de negociación que esté presente en todo momento como puede ocurrir en otros sectores, por lo que la rentabilidad del sector no se tiene que ver afectada. Por otra parte, no hay un alto riesgo de integración vertical de los proveedores.

Además de los productos sustitutivos, existen productos complementarios al producto de Bóveda, dado que la ejecución de las aplicaciones está condicionada a las gafas que la soporten. En el caso de Bóveda, estas gafas son las Samsung Gear VR y las Oculus Go, ambas soportadas por Oculus. Si Oculus decide dar por finalizado el soporte para estos dispositivos, la aplicación sufriría grandes pérdidas de rentabilidad, pero no se espera que este escenario ocurra al menos de uno a dos años. Al tratarse de productos complementarios, ambas partes se ven beneficiadas, aunque siempre tendrá más beneficio aquellas que tengan una posición más sólida en el mercado (Grant, 2014). El poder de negociación de este proveedor es alto, aunque su futuro crecimiento puede verse reflejado en una buena rentabilidad que beneficie a la empresa.

11.5. Análisis DAFO

Una vez analizado el exterior y el interior de la empresa, un análisis DAFO permitirá obtener un resumen sencillo del estado de la futura empresa (fortalezas y debilidades) y de las posibles trayectorias futuras que puede tomar (oportunidades y amenazas) (Osterwalder y Pigneur, 2011). Este resumen permitirá poder formular la estrategia a seguir en este plan de negocio, además de remarcar las principales fuentes de innovación y cambio que la empresa puede aprovechar.

- *Fortalezas.*

Desde el principio, la propuesta de valor del producto (ver apartado 6.2) encaja con las necesidades de los clientes y este ha sido diseñado y desarrollado

siguiendo metodologías que ponen al usuario en el centro de los procesos (ver apartado 5). Esto permite obtener un producto que los clientes valorarán al estar diseñado específicamente para ellos, y que seguirá siendo diseñado y desarrollado de la misma manera en todas las fases de su producción. Esto permitirá tener un producto alineado con las necesidades que a los clientes les vayan surgiendo, además de que está pensado para poder integrarse dentro de los flujos de trabajo de los diseñadores, por lo que es válido tanto para ámbito personal como profesional.

La principal ventaja de Bóveda es ser la única herramienta de prototipado que estará disponible en plataformas 3DOF, por lo que puede satisfacer un nicho de mercado que se encuentra actualmente desatendido. Esto permite tener un producto diferenciado de la competencia (ver apartado 11.4).

La empresa puede aprovecharse de las economías de escala propias de la producción de software en masa, pero solo una vez esté dentro del mercado (ver apartado 11.4).

- *Debilidades.*

El principal punto débil de la empresa es que la aplicación es imitable en su estado actual. El único competidor del segmento al que se dirige la empresa es Sketchbox (ver apartado 3.1.2.1), una empresa que lleva dos años operando y que tiene un reconocimiento de marca con el que no se dispone ahora mismo, además del respaldo de inversores y financiación que Bóveda no tiene (ver apartado 11.4).

Ahora mismo, no se puede aportar un capital inicial de primera mano para la creación de la empresa, por lo que habrá que valorar que otras opciones hay disponibles para obtener financiación. Esto se suma a que es posible que existan muchos gastos iniciales derivados de las barreras de entrada del sector antes que poder empezar a ver ingresos. Además, se carece de experiencia gestionando y creando empresas. En relación con los ingresos, la empresa solamente dispondría de la aplicación como única fuente de ingresos, lo que impide contrarrestar pérdidas.

- *Oportunidades.*

La Ley de *Startups* ya está en proceso y las nuevas propuestas del nuevo Gobierno (ver apartado 11.2) pueden beneficiar a las nuevas empresas emergentes en la simplificación de la administración, en el apoyo y visibilidad otorgados, e incluso beneficios fiscales que pueden ser una ventaja sobre las condiciones de otros países.

El sector de la realidad virtual está en crecimiento (ver apartado 11.3), al igual que el de la realidad extendida en su conjunto (ver apartado 11.1), lo que aumenta la demanda de proyectos que se realizan (ver apartado 11.1), por lo que aumenta la necesidad de herramientas que permitan prototipar las experiencias, ya que el diseño y sus metodologías comienzan a tener más importancia en el desarrollo de todo tipo de productos y servicios (ver apartado 11.1). Esto se suma al aumento de la demanda de proyectos por parte de empresas (ver apartado 11.1), lo que favorece la creación de aplicaciones en realidad virtual y no solamente experiencias visuales o videojuegos. El crecimiento del sector mejora la rentabilidad de los

productos complementarios de la empresa (ver apartado 11.4), al aumentar las ventas de dispositivos, que a la vez aumenta la base de consumidores de la aplicación, la cual ya es grande debido al liderazgo de las plataformas a las que va enfocada en estos últimos años (ver apartado 11.1). El reducido precio de estas plataformas es un incentivo para que los usuarios utilicen la aplicación de Bóveda en vez de otras disponibles en plataformas que requieren mayor poder adquisitivo (ver apartado 11.1).

Una de las oportunidades en cuanto a los ingresos de la empresa es la capacidad de adoptar formas de pago que proporcionen ingresos recurrentes y compras repetidas. También la distribución global de la aplicación es sencilla ya que se puede realizar por medio de descargas digitales.

- *Amenazas.*

Actualmente no existe un Gobierno formado y no hay certeza de quiénes lo van a formar ni de las propuestas que se van a aplicar (ver apartado 11.1).

Las innovaciones del sector tienden a mejorar las plataformas 6DOF en vez de las 3DOF, ya que las nuevas tecnologías permiten eliminar la necesidad de dependencia de sensores y cables para el uso de las gafas, por lo que son igual de independientes que las plataformas 3DOF (ver apartado 11.1). Por este motivo, se estima que las gafas Oculus Quest sean líderes de ventas en este año (ver apartado 11.1), por lo que es posible que acabe canibalizando en el largo plazo a las plataformas 3DOF, especialmente si no se innova en este tipo de gafas. La desaparición de las gafas 3DOF supondría grandes pérdidas para la empresa tal y como está planteada actualmente (ver apartado 11.4).

En cuanto a la competencia, los productos sustitutivos de la aplicación tienen una relación calidad precio que Bóveda no puede superar (ver apartado 11.4), por lo que puede que influya en el comportamiento de los consumidores, aunque la transición hacia el uso de estos productos no es sencilla ni inmediata, ya que requiere formación. Por otra parte, otras herramientas de diseño o prototipado que sean mas conocidas pueden diversificarse en un futuro hacia este segmento (ver apartado 11.4).

En la Tabla 19 se pueden encontrar resumidos los puntos mencionados en este análisis. A partir de estos puntos se puede tener una visión del estado actual de la empresa y se pueden sacar conclusiones sobre dónde se debe orientar la estrategia para fortalecer las debilidades y evitar las amenazas, a la vez que se saca provecho de las oportunidades y las fortalezas que ya tiene la empresa y el producto.

Tabla 19. Resumen del análisis DAFO de la empresa

FORTALEZAS	DEBILIDADES
<ul style="list-style-type: none"> □ Producto orientado al valor del cliente con este en el centro de su producción. □ Producto integrado en el flujo de trabajo de diseñadores profesionales. □ Único producto que satisface el nicho de mercado. □ Puede beneficiarse de economías de escala. 	<ul style="list-style-type: none"> □ Producto imitable. □ Sin reconocimiento de marca. □ Sin respaldo de inversores ni financiación. □ Sin capital de primera mano. □ Sin experiencia en creación y gestión de empresas. □ Muchos gastos iniciales y pocos ingresos. □ Única fuente de ingresos.
OPORTUNIDADES	AMENAZAS
<ul style="list-style-type: none"> □ Futura Ley de <i>Startups</i>. □ Sector en crecimiento. □ Aumento de la demanda de creación de proyectos en empresas. □ Aumento de la importancia del diseño en los procesos de desarrollo. □ Buen rendimiento de productos complementarios. □ Gran base de consumidores potenciales. □ Reducido precio de los dispositivos en los que está disponible. □ Posibilidad de obtener ingresos recurrentes. □ Distribución de la aplicación sencilla por medio de tiendas. 	<ul style="list-style-type: none"> □ No hay Gobierno formado. □ Innovación no tiende a mejorar las plataformas 3DOF. □ Oculus Quest puede canibalizar las plataformas en las que está disponible la aplicación. □ La desaparición de las gafas 3DOF puede suponer grandes pérdidas. □ Los productos sustitutivos tienen buena relación calidad-precio. □ Otras herramientas más conocidas pueden diversificarse hacia este sector.

Fuente: elaboración propia.

12. Estrategia

12.1. Misión, visión y valores

Para sentar las bases de la personalidad de la empresa y dotarla de una perspectiva ambiciosa, se han definido en la Tabla 20 los pilares de la estrategia de la empresa, cuyos valores definen su cultura.

Tabla 20. Misión, visión y valores de Bóveda.

MISIÓN	Conseguir que todos podamos ver y compartir aquello que tengamos en mente.
VISIÓN	Proveer de herramientas indispensables para poder diseñar experiencias en realidad extendida.
VALORES	<p>Cabeza alta. Que las personas que están implicadas en que esta herramienta salga adelante puedan sentirse orgullosas de lo que están creando, porque es resultado de un trabajo duro y de calidad.</p> <p>Creamos para que otros puedan crear. El usuario siempre estará en el centro de la producción y nos adaptamos a ellos y a las nuevas formas de trabajar que necesiten.</p> <p>Crecer y compartir. Dedicar tiempo a aprender cosas nuevas es una motivación para todos, y poder compartir el conocimiento obtenido enseñando al resto nos ayuda a todos a crecer.</p> <p>Libertad y responsabilidad. Cada uno es libre de poder organizarse su trabajo mientras que las cosas salgan adelante, manteniendo una responsabilidad con el resto de las personas y con el producto.</p>

Fuente: elaboración propia.

12.2. Forma jurídica

La empresa Bóveda se constituirá como una sociedad limitada unipersonal de formación sucesiva. Una sociedad unipersonal es aquella “constituida por un único socio, sea persona natural o jurídica” según el R.D. 1/2010. “La sociedad de responsabilidad limitada es la sociedad mercantil de capitales, de carácter cerrado, con un capital

mínimo de 3.000 euros, dividido en participaciones sociales y cuyos socios no responderán de las deudas sociales” (Sánchez Calero y Sánchez-Calero Guilarte, 2018). La elección de esta forma jurídica se ha realizado valorando los siguientes aspectos:

- Solo existiría un único socio en los inicios de la empresa, Nicolás Salomone Pérez, y esta forma jurídica permite constituir la sociedad con el tratamiento especial de sociedad limitada unipersonal.
- El capital mínimo exigido de 3.000 euros no es obligatorio si se utiliza un proceso de constitución de la sociedad de formación sucesiva, que permite constituir la empresa con menos de ese capital mientras se cumplan los siguientes criterios:
 - “Deberá destinarse a la reserva legal una cifra al menos igual al 20 por ciento del beneficio del ejercicio sin límite de cuantía” según el R.D. 1/2010.
 - “Solo podrán repartirse dividendos a los socios si el valor del patrimonio neto no es o, a consecuencia del reparto, no resultare inferior al 60 por ciento del capital legal mínimo” según el R.D. 1/2010.
 - Se limita la retribución a los socios y administradores a un máximo del 20 por ciento del patrimonio neto del correspondiente ejercicio (Sánchez Calero y Sánchez-Calero Guilarte, 2018).
 - “En caso de liquidación, voluntaria o forzosa, si el patrimonio de la sociedad fuera insuficiente para atender al pago de sus obligaciones, los socios y los administradores de la sociedad responderán solidariamente del desembolso de la cifra de capital mínimo establecido en la Ley” según el R.D. 1/2010.
 - “No será necesario acreditar la realidad de las aportaciones dinerarias de los socios en la constitución de sociedades de responsabilidad limitada de formación sucesiva” según el R.D. 1/2010.
- La limitación de la responsabilidad permite asegurarse de que los acreedores no exijan que el socio responda con todos sus bienes presentes y futuros, sino que se limita a aquellos bienes de carácter mercantil correspondientes a los bienes de la empresa y no a los bienes personales del socio. Si bien esta limitación no existe mientras se esté en proceso de formación sucesiva, en el momento en que se disponga de los 3.000 mínimos necesarios empezará a tener efecto, ya que la sociedad dejaría de estar en formación sucesiva y pierde las limitaciones legales a las que está sujeta.
- Los 3.000 euros pueden pagarse en especie y no solo en dinero, por lo que es más fácil llegar a esta cifra sin tener que utilizar una formación sucesiva aportando activos que ya se dispongan como ordenadores, mobiliario,

vehículos, etc. Aún así, estos bienes aportados estarían sujetos a la responsabilidad de la empresa y no es un riesgo que esté dispuesto a asumir.

- Los socios pueden ser propios trabajadores de la empresa.
- El tipo impositivo para pagar se corresponde con un 15% al ser una empresa pequeña y emprendedora, que son menores que los que pagaría un autónomo en esta situación. Hay que tener en cuenta que tras 2 años de actividad este impuesto aumenta hasta un 25%, pero es suficiente margen para poder tener ingresos que permitan afrontarlo.
- Los costes de constitución son mayores que hacerse autónomo, tanto en tiempo como en dinero, pero existen mejores posibilidades de financiación futuras al tener una sociedad formada. Los costes, como se verá posteriormente, son asumibles.

La sociedad se creará de forma telemática por medio del sistema Centro de Información y Red de Creación de Empresas (CIRCE) y se apoyará de la formación, asesoramiento y gestión de los Puntos de Atención al Emprendedor (PAE) de la Comunidad de Madrid. Según el PAE (2019a), tras reservar la denominación social en el Registro Mercantil y aportar el capital inicial – que en este caso será de 10€ por voluntad propia – se cumplimentará el Documento Único Electrónico (DUE), que genera una cita en la Notaría elegida durante el proceso para firmar la escritura con los estatutos de la empresa y se encarga automáticamente de la solicitud del NIF provisional, la liquidación del Impuesto de Transmisiones Patrimoniales y Actos Jurídicos Documentados, la inscripción en el Registro Mercantil Provincial, los trámites en la Seguridad Social, la expedición de la Escritura inscrita y la solicitud del NIF definitivo de la sociedad.

El único trámite que es aplicable a este tipo de sociedad que no se realiza de forma automática es la obtención y legalización de los libros (PAE, 2019a). Será necesario presentar en los cuatro meses siguientes al cierre del ejercicio en el Registro Mercantil en formato electrónico y por vía telemática el Libro de actas, un Libro-registro de socios, un Libro-registro de contratos entre la empresa y el socio único, un Libro Diario y un Libro de Inventarios y Cuentas Anuales.

En cuanto a los costes, en la Figura 76 se puede ver el coste que tendría la solicitud del certificado negativo de denominación social por vía telemática. La constitución de la empresa utilizando el DUE por vía telemática es un servicio que “deberá prestarse con carácter obligatorio y gratuito” (PAE, 2019c). Por último, el coste de la actividad notarial y el registro mercantil para las empresas con un capital inferior a 3.100 euros y con estatutos tipo están regulados por el artículo 5 del R. D. 13/2010, de forma que “se aplicarán como aranceles notariales y registrales la cantidad fija de 60 euros para el notario y 40 para el registrador”.

DENOMINACIONES SOCIALES
SOLICITUD DE CERTIFICACIÓN

1 Beneficiario y Denominaciones 2 Envío y Facturación 3 **Importe y Modo de Entrega** 4 Entidad de Pago 5 Confirmación

IMPORTE Y MODO DE ENTREGA
Por favor, repase cuidadosamente los datos introducidos antes de enviarlos ya que no se admitirán modificaciones a su solicitud con posterioridad.

AVISO-CAMBIO DE DENOMINACIÓN SLNE. Para solicitudes de certificación con finalidad Cambio de denominación SLNE que estén exentas del pago de arancel, sólo se permite marcar las formas de entrega Recogida en Registro Mercantil Central o Mensajería Contra Reembolso.

ENTREGA DE LA CERTIFICACIÓN:

☐ Mensajería ordinaria

☐ Recogida en Registro Mercantil Central

☐ Correo Certificado

☐ Mensajería contra reembolso

☒ Entrega telemática(*)

(*) La certificación se emitirá con firma electrónica reconocida del Registrador. IMPORTANTE: NO se requiere firma electrónica del interesado.

E-mail:

Confirmar e-mail:

☐ Al seleccionar este recuadro y el botón "Continuar", acepto las [condiciones de uso](#).

IMPORTE 15,94 €

Por favor teclee el siguiente código **D7CAHJ4**

Figura 76. Importe del certificado negativo de denominación social. (RMC, 2019)

Además de la obtención de denominación social será necesario registrar el nombre de la marca del producto y el nombre comercial de la empresa en la Oficina Española de Patentes y Marcas. Al ser la primera marca y nombre comercial de la empresa el precio es de 125,36 € al realizarlo por vía telemática (OEPM, 2019). Aunque el producto no salga al mercado de momento, se reserva el nombre de la marca para evitar que terceros puedan apropiarse de ella antes.

En la Tabla 21 se puede ver el desglose de los costes anteriormente mencionados, incluida la aportación de capital para la constitución de la sociedad limitada unipersonal en formación sucesiva.

Tabla 21. Costes de constitución de la sociedad.

PROCESO	COSTE
Certificación negativa del nombre de la sociedad	15,94 €
Capital aportado	10,00 €
Constitución de la empresa con el DUE	0,00 €
Arancel notarial	60,00 €
Arancel registral	40,00 €
Registro de marca y nombre comercial	125,36 €
Total	251,30 €

Fuente: elaboración propia a partir de PAE (2019c), OEPM (2019) y el R.D. 1/2010.

12.3. Estrategia competitiva

La estrategia competitiva de Porter que tendrá la empresa será de especialista, dentro de un mercado existente. Por otro lado, la empresa tiene una clara postura hacia el rol de especialista en nichos de Kotler (2012), y que se centra exclusivamente en un sector

concreto, que es el del software de realidad virtual, y en un segmento de mercado aún más concreto, que es el de las aplicaciones de diseño de plataformas 3DOF. Además, el perfil del usuario final es un diseñador de experiencias y aplicaciones en realidad virtual, por lo que la orientación de la empresa es de una especialización hacia el consumidor final. Según Kotler (2012), el especialista en nichos “conoce tan bien su mercado meta que es capaz de satisfacer sus necesidades mejor que las empresas que atienden ese mismo nicho por casualidad”. La metodología de diseño y los valores de la empresa tienen al usuario en el centro de todo, por lo que este tipo de enfoque encaja muy bien con este rol competidor. Interesándose la empresa por uno o pocos nichos, se puede obtener una posición dominante en el mercado sin que la competencia pueda atacarle. En este caso, la empresa de la competencia Sketchbox no está disponible en las plataformas en las que Bóveda sí, por lo que no podrá ejercer un ataque directo a menos que invierta en generar una aplicación para estas plataformas, que por lo que se pudo ver en el apartado 11.4, no parece interesada. Esta falta de competencia directa favorece el establecimiento del precio hacia valores más favorables para los márgenes de la empresa.

Una de las principales ventajas de la aplicación es que esté disponible en aquellas plataformas que tienen un precio menor en el mercado y que los consumidores medios pueden permitirse. La competencia no está satisfaciendo a este conjunto de usuarios, por lo que habrá que incidir mucho al principio en esta plataforma para que la utilicen cada vez más usuarios, especialmente aquellos que la utilicen de forma profesional, ya que permitirá a la herramienta hacerse un hueco dentro de su proceso de diseño al ser la única herramienta que está en estas plataformas de bajo precio. Como la visión de la empresa es volverse una herramienta imprescindible para poder diseñar en realidad virtual, incidir en este conjunto de usuarios permitirá tanto a la herramienta como a la marca ganar peso e importancia en el mercado.

“Puesto que cabe la posibilidad de que los nichos se debiliten, es importante que la empresa desarrolle nichos nuevos. Al fortalecer su presencia en dos o más nichos, la empresa multiplica sus posibilidades de supervivencia” (Kotler, 2012). Como se comentó en el apartado 11.4, las innovaciones tecnológicas no van orientadas a mejorar las plataformas en 3DOF, por lo que es posible que acaben perdiendo soporte de aquí a cuatro años, especialmente las Samsung Gear VR que están perdiendo potencia en el mercado. La empresa deberá tomar siempre una postura proactiva a los cambios tecnológicos, de forma que cuando se disponga de suficiente capital, se creará un segundo equipo de desarrollo que comience a realizar la aplicación de Bóveda adaptada para plataformas 6DOF, pero centradas en las próximas gafas líderes del mercado: las Oculus Quest. Uno de los objetivos de esta aplicación es conseguir que los usuarios se pongan las gafas y comiencen a prototipar de forma similar a coger un papel y un lápiz para empezar a dibujar. Esto solo se consigue evitando tener que depender de otro dispositivo para poder utilizarla, y las Oculus Quest serán la principal plataforma de realidad virtual 6DOF del mercado que podrá hacer eso, además de que esta previsto que tenga mucho éxito el año que viene. De esta forma, a la vez que se está ejerciendo una penetración en el mercado con la versión para las Samsung Gear VR y Oculus Go, ganando presencia en el mercado, se está desarrollando paralelamente una versión para las Oculus Quest, de forma que, llegado el momento, se disponga de una versión

que pueda estar a la altura de las exigencias del mercado. Si se consigue esto, la aplicación estará en una gran cantidad de dispositivos tanto en 3DOF como en 6DOF, en la plataforma con más éxito del mercado y en los dispositivos con un precio que un consumidor medio pueda permitirse, además de que con suerte la presencia de la marca será mayor gracias a la reputación adquirida por medio de las ventas en plataformas 3DOF.

12.4. Estrategia corporativa

La estrategia corporativa que tendrá la empresa será de crecimiento, concretamente hacia un desarrollo de productos, ya que es un tipo de estrategia de Ansoff que se da en mercados existentes con la venta de productos nuevos. La empresa se moverá en un mercado que ya conoce, pero que a su vez impone una adaptación de los productos a los nuevos gustos y necesidades de los clientes (Sainz De Vicuña, 2017). En su comienzo, todos los ingresos de la aplicación irán directamente al patrimonio de la empresa con el objetivo de poder reinvertirlo en algún momento, a la vez que se va satisfaciendo el porcentaje mínimo del 20% del patrimonio dedicado a reservas obligatorio para empresas en formación sucesiva. Se espera conseguir los 3.000 euros de capital mínimo lo antes posible, bien sea con aportaciones periódicas por parte del salario del socio, por beneficios de compras o por ayudas o subvenciones conseguidas.

Siguiendo esta estrategia, lo primero será conseguir finalizar la primera versión de la aplicación y tener un formato estable que pueda ser usada libremente por los usuarios sin errores. Antes de llegar a este punto, se publicará una versión *beta*, es decir, una versión que no está del todo pulida y que los usuarios pueden probar para proporcionar opiniones y adaptar el producto lo máximo posible a sus necesidades, a la vez que se solucionan errores que pueda tener la aplicación. Esta versión *beta* se realizará durante un periodo y de forma cerrada a las personas que estén interesadas, por lo que solo se proporcionará información a un número muy limitado de usuarios. Una vez pulida la aplicación con una base de usuarios controlada, se publicará solamente en España, para distribuir la aplicación a una gran cantidad de usuarios, pero que siga controlada. De esta manera se evita una gran cantidad de comentarios o errores que sea imposible de gestionar por una persona o un equipo pequeño. Por otra parte, “las organizaciones que tratan de entrar en nuevos mercados deberían dirigirse primero a un nicho concreto y no a la totalidad del mercado” (Kotler, 2012).

La base de usuarios de las Oculus Go será más grande este año, con una estimación de ventas de más de un millón de unidades (ver apartado 11.2), por lo que se espera que en 2020 la base de usuarios de esta plataforma sea de 2 millones de usuarios en todo el mundo (sumado a la gran cantidad de usuarios que disponen de unas Samsung Gear VR, que asciende a 8 millones de unidades). La expansión internacional de la aplicación se irá realizando de forma progresiva, comenzando por España. La expansión hacia países de Europa se realizará hacia aquellos países que más actividad de producción en realidad virtual tengan (XR Association, 2017), comenzando por Reino Unido, Alemania, Francia y Países Bajos, seguidos del resto de países con menos actividad como Suecia, Finlandia, Suiza, Italia, Polonia, República Checa o Bélgica.

Tras expandirse por estos países, se distribuirá la aplicación a Estados Unidos, por ser uno de los mayores productos mundiales de esta tecnología, a la vez que se accede a una gran cantidad de usuarios potenciales. Durante la expansión se irá teniendo en cuenta las posibles adaptaciones visuales, de idioma y legislativas que haya que ir aplicando a la herramienta para que pueda comercializarse sin problemas en los países de destino. Este paso controlado pretende evitar lo máximo posibles cuellos de botella en cuanto a quejas de usuarios o posibles errores que aparezcan que en un futuro sean muy difíciles de controlar.

Hay que tener en cuenta que a la vez que se van solucionando errores de la versión publicada, hay que ir desarrollando mejoras y nuevas funcionalidades futuras para la aplicación que serán lanzadas de forma periódica, para que los usuarios vean que la aplicación está siendo mantenida y mejorada, a la vez que se recuerda a los usuarios de su existencia y se les incita a utilizarlas para probar los nuevos cambios que incorporen. Esto iría acorde a la estrategia de desarrollo de productos, que sugiere ir mejorando la calidad de los productos y añadir nuevos atributos que hagan que destaquen cada vez más en el mercado.

A medida que la sociedad vaya obteniendo capital, se irá actuando de una forma u otra. Se empezará contando con la subcontratación de profesionales *freelance* de modelado y motor gráfico para mejorar la apariencia de la aplicación, ya que son cualidades que el socio no tiene. Cuando sea necesario se contará con profesionales programadores que puedan realizar labores de apoyo. También se subcontratará a profesionales de *marketing* para que elaboren planes de actuación que el socio después pueda ejecutar. Se realizará un contrato por obra y servicio con un precio estipulado que evite tener que contratar a estos profesionales para que se incorporen a la empresa. Se evaluará contratar a profesionales para que formen parte de la empresa cuando el capital permita mantener un salario todos los meses para todos los trabajadores. Cuando esto pueda conseguirse, todos los trabajadores, incluido el socio, recibirán un salario acorde a las condiciones del mercado. El objetivo es que las personas que la integren puedan dedicarse en un futuro totalmente a esta herramienta y no tengan que depender de otros trabajos para mantenerse económicamente.

En el momento en que la herramienta se encuentre asentada en el mercado y sea líder en su nicho, se pivotará hacia una estrategia de penetración de mercado de Ansoff, que consiste en el crecimiento de productos existentes en mercados existentes. Para esta estrategia la fuerza de *marketing* será fundamental, no solo en cuanto a las decisiones sobre el precio, el producto, la comunicación y la distribución, sino a la defensa de la posición en el mercado y al segmento al que va dirigido. Una vez la herramienta tenga una presencia importante, es posible que nuevos competidores aparezcan o tomen el mismo camino que la empresa, por lo que esta defensa es necesaria para evitar perder el liderazgo. Llegado este momento se espera tener un capital que permita invertir en *marketing*, especialmente en profesionales externos o internos a la empresa que puedan desempeñar esta labor de forma más efectiva.

13. Marco regulador

13.1. Propiedad intelectual

Los derechos de propiedad intelectual son importantes para proteger la inversión en la creación de un producto y servicio. Pueden ayudar a proteger a las empresas de la copia por parte de los competidores, proporcionar flujos de ingresos a través de licencias de software o suscripción a servicios, y también demostrar el valor que sustenta la empresa a los posibles inversores. Los derechos de propiedad intelectual son importantes para proteger de la copia la creación del producto y toda la inversión que se ha puesto en ello. El producto por desarrollar tiene un riesgo de copia muy alto, por lo que cualquier protección ante este caso es necesaria. Disponer de una protección de este tipo permite a la empresa mostrar que su producto tiene más valor, además de que permite a la empresa externalizar el desarrollo a través de licencias concedidas para posteriormente incorporar ese desarrollo a la aplicación. Como se ha explicado en el apartado 12, cuando se disponga de suficiente dinero se contratarán profesionales freelance que realicen labores de apoyo al desarrollo de la aplicación. Será necesario por tanto proteger la propiedad intelectual para que estos terceros no puedan replicar la aplicación a cuyo código han accedido. Además, el uso de acuerdos de confidencialidad permitirá que la información obtenida al trabajar con la empresa no se divulgue, reduciendo aún más las probabilidades de copia de la competencia.

La obtención de una patente permitiría establecer una mayor protección al ser la empresa dueña de la exclusividad del producto. Mientras que para productos digitales la legislación europea no suele conceder patentes, si la solución tiene un efecto técnico lo calificarán, por lo que, si se muestra una nueva forma de visualizar, usar, mover o capturar elementos en realidad virtual convendrá acudir a profesionales notariales que permitan evaluar el nivel de innovación del producto (Digital Catapult, 2018). En el caso de plantearse solicitar una patente, será necesario no hacer pública ninguna característica que pueda ser objeto de esta, ya que, si existen registros públicos previos, la patente no podrá ser concedida.

Hay que tener en cuenta que al igual que la empresa puede obtener protecciones de la propiedad intelectual, otras empresas pueden realizar lo mismo. De existir una patente registrada de algún aspecto que se esté utilizando en la aplicación podrían exigir su eliminación o negociar el pago de una licencia. Realizando una búsqueda en *PatentScope* (WIPO, 2019) de los términos "realidad virtual", "prototipado", "diseño" u "objetos", tanto en inglés como en español, no se encuentran resultados que parezcan relacionados con Bóveda. Como en el apartado 3.1 se identificaron a los principales desarrolladores de la competencia, se ha buscado sus nombres sin encontrar ningún resultado relacionado. Una búsqueda de una patente puede ser muy laboriosa, pero realizarla, aunque sea a alto nivel, es necesario para hacerse una idea de las posibilidades que existen. Si bien no encontrar patentes sobre estos términos puede mostrar que la competencia no tiene patentes que protejan su creación, esto puede dar pistas

de que las características de estas aplicaciones no son consideradas relevantes como para disponer de una propia patente.

Como de momento se desconoce si la herramienta tiene capacidad de obtener una patente, la única protección de propiedad intelectual que tiene es una marca registrada, que permitirá diferenciarse de la competencia y de aquellos posibles imitadores de la marca que puedan aparecer. Habrá que tener en cuenta que la protección adquirida a la hora de fundar esta sociedad solo rige en España, por lo que tendrá que abonarse un suplemento para obtener una protección más global en el momento en que la herramienta comience a expandir su distribución.

Otro problema de la propiedad intelectual del que hay que protegerse es la piratería. Aunque no es común la piratería de aplicaciones en realidad virtual, su aumento de popularidad y de unidades vendidas aumenta el riesgo de que existan versiones piratas de las aplicaciones de los desarrolladores. En este proyecto no se ha tenido en cuenta a la hora de definir la aplicación ya que se centra exclusivamente en el diseño del producto y su valor para el cliente, pero será necesario adoptar medidas contra la piratería cuando la aplicación esté en el mercado. Dado que la aplicación ofrece un modelo de suscripción para acceder a funcionalidades avanzadas (ver apartado 14.4), será necesario tener un registro del usuario en una cuenta de la aplicación para poder llevar un control de los pagos que se han realizado y las suscripciones activas. De descargarse la aplicación de forma pirata, habrá que incidir en la protección de las funcionalidades de pago para que no pueda evitarse el inicio de sesión para poder usarlas.

La utilización de código de terceros puede afectar a la comercialización y al desarrollo de la aplicación, especialmente el uso de librerías que son de código abierto puede suponer problemas de seguridad. Es necesario tener identificadas aquellas licencias y restricciones que van ligadas a la utilización de todas las librerías que utilice la aplicación. La aplicación utiliza las siguientes librerías de código abierto con diferentes usos.

- *VRTK*, *QuickOutline*, *JSONObject* y *Punchkeyboard* tienen una licencia del MIT, que permite su uso comercial, su modificación, su distribución y su uso privado. No ofrece responsabilidad ni garantías.
- *unity_graphql_client* no tiene licencia.
- IBM Watson y Google Poly tienen una licencia de Apache 2.0, que permite su uso comercial, su modificación, su distribución y su uso privado. No ofrece derechos de uso de marca, responsabilidad ni garantías. En el caso concreto de Google Poly, el uso de los modelos importados solo está permitido si se da crédito a sus autores.

La única librería privada que utiliza la aplicación es la de Marvel, la cual permite el uso comercial. No permite en cambio usos ilegales o que infrinjan el copyright de la empresa, fraudes, minería de datos o competir directamente con Marvel o dañar la empresa de algún modo. Bóveda no pretende ser un competidor de Marvel, sino un colaborador. Al basarse gran parte de la aplicación en el servicio de almacenamiento

online que Marvel proporciona, serán necesarias conversaciones con la empresa en cuanto a que sea consciente de la existencia de Bóveda, de posibles concesiones de ancho de banda en el caso de que un gran número de usuarios utilice la aplicación al mismo tiempo y de la visualización de su marca comercial en la aplicación al informar a los usuarios de la existencia de Marvel para utilizar la importación de imágenes. El uso de la marca de Marvel dentro de la aplicación sería ilegal según las normativas de la Unión Europea si se mostrase dentro de un producto idéntico o que ofrezca el mismo servicio, si la marca del producto puede confundirse con la marca de Marvel o si el uso de la marca crea un perjuicio a la reputación de Marvel (Digital Catapult, 2018). El único punto que no queda claro si se incumple o no es el último, ya que Marvel debe estar de acuerdo en mostrar la marca dentro del producto según su propio criterio, independientemente de que el objetivo de Bóveda no sea empeorar la reputación de Marvel. En caso de no aceptarse, Marvel es libre de retirar los derechos de uso de su servicio de la aplicación, por lo que habría que buscar alternativas. En caso de que Marvel solo rechace el uso de su marca dentro de la aplicación, su librería permite su uso comercial, por lo que podrían seguir utilizando sus servicios.

13.2. EULA y política de privacidad

Los puntos aquí explicados en lo que incumbe a la protección de la propiedad intelectual tendrán que reflejarse en el contrato de licencia de software (*end-user license agreement*, EULA). La descarga de la aplicación en el dispositivo del usuario le concede una licencia para poder utilizar el software que Bóveda ha desarrollado, ya que es Bóveda quien posee la propiedad intelectual de la aplicación, y el usuario que utilice la aplicación debe aceptar el contrato de licencia que le permite utilizar la aplicación. En el EULA se especificarán las licencias de terceros a las que la aplicación está sujeta y cualquier derecho o intención que se derive del uso de contenidos de terceros para el desarrollo de la aplicación. Además, se especificarán aquellas cláusulas por las que el usuario se compromete a hacer un uso lícito de la aplicación y a cumplir las condiciones que se le impongan, con los debidos apartados para poder establecer una comunicación con el usuario en caso de existir reclamaciones o problemas de algún tipo. Se deben aclarar aquellos aspectos que eliminan la responsabilidad de la empresa sobre los daños que pudiera causar la aplicación a terceros por un uso inadecuado. Por último, como la aplicación puede estar disponible en distintos países, se deberán especificar las leyes por las que serán tratadas las reclamaciones del EULA que puedan ocurrir en un futuro, que serán aquellas leyes españolas o europeas que sean pertinentes en cada caso.

Otro aspecto legal para tener en cuenta es la protección de datos del usuario, ya que se estarán utilizando datos personales como el correo electrónico y contraseñas tanto de Bóveda como de Marvel, además de la información de pago con la que los usuarios compran las suscripciones. Se deberá redactar una política de privacidad que deje clara las intenciones de la empresa en base al uso que se va a dar de los datos recopilados, además de informar claramente al usuario del contenido de esta política de privacidad y cambios futuros, en cumplimiento del Reglamento General de

Protección de Datos (RGPD) europeo 2016/679 y de la Ley Orgánica de Protección de Datos Personales y Garantía de los Derechos Digitales española 3/2018.

Para la redacción del EULA y de la política de privacidad será recomendable acudir a un profesional notarial para evitar pasar por alto aspectos que no se hayan tenido en cuenta y poder limitar la responsabilidad de la empresa ante posibles problemas futuros.

13.3. Sistema PEGI

En cuanto a estándares que debe cumplir Bóveda, solamente se puede identificar el sistema PEGI, que "es el mecanismo de autorregulación diseñado por la industria para dotar a sus productos de información orientativa sobre la edad adecuada para su consumo" (AEVI, 2019). En el momento de la publicación de la aplicación en la tienda de Oculus, se tendrá que rellenar un formulario indicando el contenido sensible que pudiera contener la aplicación. En base a este resultado, la aplicación obtendría una calificación de edad provisional que tendrá que ser evaluada por las autoridades pertinentes, aunque el contenido de esta aplicación se supone que será para todos los públicos, es decir, que obtendría una calificación PEGI 3.

14. Marketing

14.1. Plan de marketing

Cuando se disponga de suficiente capital, se podrá gastar en contrataciones de especialistas en *marketing* que puedan ir perfeccionando las acciones de *marketing* y los planes de actuación según sea el estado de la empresa. De momento, al carecer de capital, se creará un plan de *marketing* para los meses en los que la empresa comience su actividad, hasta que se disponga de suficiente capital para dejar este plan en manos de especialistas, que, según la estrategia actual, será a partir de que la empresa deje de estar en el proceso de fundación sucesiva. Al desconocer la fecha exacta en la que esto ocurrirá, este plan tendrá como fecha límite el primer cierre del ejercicio de la empresa en junio de 2020.

14.1.1. Objetivos de *marketing*

Los objetivos de *marketing* de una pequeña empresa, tal y como explica Sainz De Vicuña (2017), deben tener en cuenta principalmente si el producto está consolidado en el mercado, es decir, si el volumen de ventas supera el 10% de volumen de ventas del sector o entre el 25% y el 50% de la facturación del líder. Como Bóveda no tiene actualmente cuota de mercado al estar en fase de introducción, no se puede considerar asentado, por lo que sus objetivos deben ser buscar primero la supervivencia y

consolidación de la empresa, conseguir buena rentabilidad a corto plazo y ya una vez cumplidas estas pasar a centrarse en las tasas de crecimiento.

Los objetivos cualitativos de la empresa hasta junio de 2020 serán:

- Desarrollar la notoriedad de la marca intentando tener al menos 500 seguidores interesados en Instagram, al menos 1000 visitas a la página web de la herramienta y entrar en la lista de aplicaciones nuevas que encantan a los editores de la Oculus Store.
- Desarrollar la imagen del producto intentando conseguir valoraciones en la Oculus Store de al menos 4 estrellas, contratando profesionales que consigan tener una estética lo más agradable posible para los gustos de los consumidores, para lo cual se tendrá en cuenta los comentarios recibidos.
- Desarrollar la imagen de marca con publicaciones de contenidos de calidad y que sean interesantes para los seguidores, midiendo el número de me gustas de las redes sociales o la cantidad de publicaciones compartidas por otros medios.

Los objetivos cuantitativos de la empresa hasta junio de 2020 serán:

- Alcanzar las 200 descargas para enero de 2020, incentivado por una pequeña campaña durante las fiestas navideñas del mes anterior.
- Acumular 3.000€ de capital para dejar de estar en proceso de formación sucesiva y recuperar la responsabilidad limitada de la sociedad.
- Distribuir la aplicación al menos en 10 países con gran actividad en el uso de realidad virtual.
- Conseguir al menos 50 suscriptores en cualquier modalidad de pago, de los cuales 20 mantengan su suscripción por al menos dos pagos consecutivos.

Estos objetivos acompañan a la estrategia definida en el apartado 12, ya que el *marketing* deberá estar alineado con la estrategia de la empresa.

14.1.2. Segmentación

La aplicación está orientada a un segmento específico del mercado del software de realidad virtual que son las aplicaciones de diseño, aún más concretamente, las aplicaciones que permiten prototipar y diseñar experiencias y aplicaciones en realidad virtual. La estrategia de segmentación que se seguirá será una estrategia concentrada propia de las pequeñas empresas, que “consiste en concentrar los esfuerzos de la empresa en unos segmentos determinados, adaptando su oferta a sus necesidades específicas” (Sainz De Vicuña, 2017). Esta estrategia de segmentación encaja perfectamen-

te con la estrategia competitiva de especialista de nicho de mercado definida en el apartado 12.3.

Sainz De Vicuña (2017) define como segmentos estratégicos aquellos a los que la empresa se va a dirigir, los cuales tienen mayor o menor prioridad según se concentre en mayor o menor medida el esfuerzo comercial y de *marketing* en ellos. También define los segmentos no estratégicos como aquellos que se tendrán en cuenta desde el punto de vista comercial pero no desde el punto de vista de *marketing*. De esta forma, los segmentos a los que se debe dirigir Bóveda se definen en la Tabla 22.

Tabla 22. Segmentos de empresas a los que se debe dirigir Bóveda.

ESTRATÉGICOS PRIORITARIOS	• Diseñadores independientes de experiencias y aplicaciones en realidad virtual.
	• Equipos de diseñadores de experiencias y aplicaciones en realidad virtual.
ESTRATÉGICOS	• Lugares de formación en diseño o desarrollo en realidad virtual.
	• Comunidades sociales o eventos de diseño o desarrollo en realidad virtual.
NO ESTRATÉGICOS	• Desarrolladores de realidad virtual.
	• Usuarios curiosos.
	• Diseñadores de escenarios, animadores, decoradores.

Fuente: elaboración propia.

Estos segmentos prioritarios son los que más potencial de suscripción tienen, por lo que se centrará en ellos la mayor parte del esfuerzo comercial y de *marketing*. Los lugares de formación tienen una gran importancia puesto que, si se enseña a utilizar Bóveda dentro de los procesos de diseño, el boca a boca de la aplicación aumentará, especialmente al incorporarse a equipos de diseño o desarrollo, puesto que, si no utilizan la aplicación en su proceso de trabajo, las nuevas incorporaciones que provengan de estas formaciones recomendarán la aplicación a su equipo. La presencia de la aplicación en eventos también influirá positivamente en el boca a boca de la aplicación. Se pondrá un esfuerzo en estos segmentos porque son una fuente importante de usuarios, pero no se concentrará la mayor parte de los esfuerzos en ellos. En los no estratégicos se han incluido posibles usuarios que puedan bajarse la aplicación pero que probablemente no acaben pagando por ella, por lo que no merece la pena dedicar esfuerzos en estos segmentos.

14.1.3. Posicionamiento

El posicionamiento de la empresa será principalmente ser percibida como líder en su segmento, que se preocupa por los gustos de los clientes y que diseña las cosas para facilitarles el trabajo. También se quiere posicionar la empresa en la inversión del conocimiento, ya que al proporcionar a los diseñadores herramientas más sencillas para plasmar y probar sus ideas, mejores aplicaciones se podrán crear y es algo que beneficia a todos los integrantes del sector de la realidad virtual.

El posicionamiento del producto será adueñarse de los términos de diseño y prototipado en realidad virtual, ya que se buscará ser la primera herramienta en la mente de los usuarios cuando piensen en una herramienta para diseñar o prototipar. Se hará especial enfoque en el ámbito laboral, ya que la visión de la empresa es poder ser una herramienta indispensable para poder diseñar experiencias en realidad extendida, por lo que se dará una imagen de una herramienta perfectamente integrada en el flujo de trabajo de los diseñadores. Por otra parte, se dará una imagen de un producto de calidad y con una buena experiencia de usuario, sin un coste grande, tal y como pedían los usuarios en las primeras entrevistas realizadas en este trabajo, explicadas en el apartado 6.2.

El posicionamiento del cliente será ser una empresa fiable, honesta e inspiradora, tanto por el cuidado de sus necesidades como por la historia de su creación. Se compartirán los hitos más importantes de la empresa por muy pequeños que sean, para que los clientes vean cómo poco a poco se va formando la herramienta que ellos quieren.

14.1.4. Fidelización

Se intentará crear una relación con los clientes que beneficien a ambas partes, especialmente para que los clientes sean fiables y compren la herramienta y/o la recomienden. Uno de los principales puntos de esta relación es una vez más la búsqueda de las necesidades y problemas de los clientes y la adaptación del producto a estos, obteniendo información de primera mano. Para facilitar un medio de contacto entre cliente y empresa, se abrirá un formulario en la página web oficial donde los clientes podrán comunicar fallos, reclamaciones, sugerencias o consultas. Se intentará en la medida de lo posible reducir los descontentos de los clientes tras la compra del producto y se dedicará un tiempo a la semana a revisar y responder a los mensajes de los usuarios y los comentarios que han ido dejando en la tienda de aplicaciones, ya que las reseñas que escriben los usuarios pueden incluir quejas o sugerencias.

Se intentará involucrar al cliente en el desarrollo de la aplicación, creando en la página oficial un tablero de funcionalidades donde los usuarios podrán ir dejando funcionalidades que les gustaría que tuviera la aplicación o votar aquellas que ya se encuentren allí. De esta manera, se crea un concepto de comunidad, a la vez que los usuarios pueden tener una previsualización de las funcionalidades que están en camino o cuáles tienen más posibilidades de incorporarse a la aplicación. Este tablón solamente será accesible para aquellos usuarios que tengan una suscripción de pago activa, para

evitar tener una recopilación de funcionalidades pública que otras empresas puedan aprovechar para su propio beneficio. Igualmente, cualquier usuario podrá comunicar a la empresa sugerencias o funcionalidades que le gustaría que tuviera la aplicación por los medios de contacto que prefiera, ya que la empresa también dispondrá de redes sociales.

Por último, se utilizarán las redes sociales para proveer de información constante de las mejoras que se van haciendo de la herramienta, mostrar pequeños avances de las nuevas funcionalidades y enseñar trucos a modo de pequeños tutoriales para que los usuarios puedan ver más valor en la herramienta.

14.2. Marca

La marca Bóveda sirve para identificar tanto a la empresa como al producto. Esto permitirá ahorrar costes en comunicación al aprovecharse de las economías de escala resultantes de tener una única marca. Se hará más enfoque al producto que a la empresa, ya que es la principal fuente de ingresos, aunque no se descuidará la imagen corporativa por si surgen oportunidades de negocio como colaboraciones con otras marcas o presencia como patrocinador de eventos.

El nombre de la marca hace referencia a la bóveda celeste del planeta Tierra, la cual se corresponde con el cielo que es visible desde su superficie, en la que el horizonte corta la esfera celeste por la mitad. Este concepto se asemeja a lo que se puede encontrar dentro de una experiencia de realidad virtual, en la que los usuarios pueden parecer contenidos dentro de una esfera que contiene todo lo que puede ver. Bóveda también hace referencia al propio elemento arquitectónico, puesto que la aplicación está hecha para construir lo que el usuario quiera construir. El acento se mantiene por mantener una referencia al idioma del país de origen de la marca, España.



Figura 77. Imagotipo de Bóveda. Elaboración propia.

En la Figura 77 se muestra el isotipo de la aplicación a la izquierda, con una luna sobre un círculo azul que recuerda a un cielo, en la que se pueden ver detalles que recuerdan a las bóvedas que se pueden encontrar en catedrales. Este isotipo también servirá como icono para representar a la aplicación. La marca aparece escrita a la derecha, en la fuente corporativa Rubik (ver apartado 8.4.2.2), con un estilo fino que

aporta calidad y precisión a la marca. Los gradientes recuerdan a los colores del cielo y son predominantes en la marca y en el diseño de la aplicación (ver apartado 8.4.2.1).

14.3. Producto

Bóveda es una aplicación desarrollada para Oculus Go y Samsung Gear VR que permite diseñar y prototipar experiencias inmersivas en realidad virtual y será el único producto que tenga la empresa en el momento de su creación. Se espera desarrollar en un futuro una versión para Oculus Quest, como se explicó en el apartado 12.3, que seguramente tenga funcionalidades distintas a la versión actual, por la diferencia en tecnología de sus plataformas.

Bóveda es una aplicación que cuenta con las funcionalidades que los usuarios requieren y necesitan, desde las más básicas hasta las más avanzadas. Estas funcionalidades avanzadas son los elementos diferenciales de la aplicación frente a su competencia, por lo que estas tendrán un mayor esfuerzo en *marketing*. Si bien estas funcionalidades diferenciales están explicadas con más detalle a lo largo del documento, se enumeran a continuación por hacer referencia a ellas en los siguientes apartados de este plan:

- El etiquetado de objetos permite dejar explicaciones en texto de lo que representan o lo que el usuario desee indicar sobre estos objetos.
- Las guías ergonómicas permiten al usuario tener en cuenta la ergonomía del usuario para el que están prototipando.
- El dictado de voz a texto permite agilizar la escritura de textos en la aplicación, ya que la escritura por teclado virtual puede resultar complejo de manejar de forma eficiente.
- La integración con herramientas de prototipado es la funcionalidad que los usuarios que probaron la aplicación más valoraron positivamente (ver apartado 10). Forma parte de la primera funcionalidad que tiene la aplicación que les permite integrarla dentro de su flujo de trabajo, pudiendo insertar dentro de la aplicación los diseños que los usuarios han construido en sus programas favoritos utilizando los programas que ellos manejan en su día a día.
- El escalado de objetos en unidades *dmm* de Google permite a la aplicación trabajar con las últimas innovaciones con respecto al diseño en realidad virtual y deja libertad a los usuarios de utilizar estas medidas para mantener las dimensiones de su diseño en proporción a la distancia a la que se encuentran del elemento, ya que en realidad virtual existe una tercera dimensión que las medidas digitales actuales no contemplan.
- El cambio entre interacción con puntero y con mirada permite a los usuarios probar su diseño en las dos formas de interacción en realidad virtual para

plataformas 3DOF que existen actualmente, lo que les permitirá probar su diseño en condiciones en las que no se disponga de un mando y en las que sí.

- Los comandos de voz permiten al usuario invocar las acciones que desee y que la aplicación tenga disponibles pidiéndolas en voz alta, sin necesidad de navegar ni tocar nada especial, de forma que se agilice su rendimiento mientras elabora el prototipo.

Por último, la principal diferencia de Bóveda frente a su competencia es ser la única aplicación de prototipado disponible en las plataformas 3DOF más importantes, Oculus Go y Samsung Gear VR, que tienen la mayor cantidad de usuarios al ser estas plataformas las más económicas y las que no disponen de dispositivos externos para funcionar. Se remarcará esta diferenciación a la hora de anunciar la aplicación, haciendo hincapié en la capacidad que tendrán los usuarios de ponerse las gafas y comenzar a prototipar directamente, sin tener que conectarse a otro dispositivo.

14.4. Precio

La misión de la empresa es que todos puedan ver y compartir aquello que tengan en mente. Como es evidente, no se puede conseguir un “todos”, ya que primero deben ser poseedores de unas gafas en las que Bóveda esté disponible. Eliminando esta restricción, Bóveda podrá ser utilizado por cualquier persona que posea una de estas gafas, ya que la inversión en conocimiento es un aspecto de posicionamiento que la empresa quiere cumplir, y es poder fomentar la creación y la prueba de experiencias y aplicaciones en realidad virtual por cualquier persona interesada, de forma que se consigan cada vez mejores aplicaciones y todo el sector de la realidad virtual se vea beneficiado por esto. Para conseguir este objetivo, no cabe más opción que ofrecer la herramienta de forma gratuita. Como la inclusión de anuncios en realidad virtual puede ser muy intrusiva y además la herramienta está pensada para un uso muy puntual con el que no se espera una gran cantidad de personas utilizándola al mismo tiempo, tampoco se contarán con anuncios para financiar la versión gratuita. Eso sí, no se ofrecerán todas las funcionalidades en esta versión, solamente aquellas funcionalidades básicas que permitan a cualquier persona probar y materializar sus ideas, teniendo que pagar una suscripción a la aplicación los usuarios que deseen acceder al resto de funcionalidades. No por ser una funcionalidad diferencial tendrá que incluirse obligatoriamente en la versión de pago de la aplicación.

Este modelo *freemium* permite a la herramienta beneficiarse del boca a boca de los usuarios al poder ser probadas por usuarios que no pertenezcan a los segmentos prioritarios de *marketing*, y que probablemente informen a las personas interesadas. Poder probar la herramienta antes de comprar ofrece una visión honesta que acompaña a los valores que la empresa quiere transmitir y su posicionamiento: los usuarios podrán saber qué es lo que están pagando antes de hacerlo, y podrán evaluar si necesitan o no el resto de las funcionalidades. Los usuarios objetivo que no comprenden la herramienta, seguramente la recomienden a las personas que conocen cuando necesiten una herramienta para prototipar en realidad virtual, consiguiendo uno de los objetivos

de posicionamiento: adueñarse de los términos diseño y prototipado en realidad virtual.

El modelo de monetización elegido es la suscripción mensual, trimestral o semestral, de forma que los usuarios podrán pagar por aquello que necesitan en el tiempo que ellos consideren necesario. Si un usuario necesita la herramienta este mes, desembolsará el precio mensual y dispondrá de la herramienta por un periodo de 30 días. Se ofrecerán suscripciones trimestrales (90 días) y semestrales (180 días) con un descuento aplicado mayor cuanto más tiempo paguen por la herramienta, de forma que se incentive esta forma de pago. No se ha elegido la suscripción anual como alternativa porque amplía mucho el periodo entre ingresos, y se intentará que los ingresos sean lo más recurrentes posible. Además, la aplicación acabará de salir al mercado y todavía no se puede asegurar que esté disponible por un año entero. El modelo de suscripción frente al modelo de pago único tiene como ventaja la posibilidad de obtener ingresos recurrentes, importantes para mantener un buen rendimiento económico en la empresa, ya que los ingresos entrarán mes a mes e irán incrementándose cada vez más ya que se juntarán los ingresos de las nuevas suscripciones con los de la renovación de las suscripciones anteriores. Un modelo de pago único permite recibir ingresos una única vez, pero ya no se recibirán más ingresos por parte de ese usuario en otro momento, por lo que se tiende hacia unos ingresos constantes en vez de un crecimiento por acumulación como en el modelo de suscripción. Habrá que tener en cuenta que no todos los usuarios renovarán la suscripción todos los meses, pudiendo cancelarla en el momento en que estos decidan una vez realizado el pago, manteniendo la posibilidad de utilizar completamente la herramienta hasta la fecha en que venzan los días de su suscripción.

El modelo de suscripción irá enfocado principalmente a aquellos segmentos estratégicos para la empresa, prioritariamente los diseñadores de experiencias y aplicaciones en realidad virtual que se dediquen a ello profesionalmente. Por ello, se buscará valor en las funcionalidades que incluya la suscripción para ofrecer aquellas que se adapten mejor a su flujo de trabajo. Las funcionalidades incluidas en la versión gratuita y en la suscripción se listan en la Tabla 23. De añadirse nuevas funcionalidades a la aplicación en el futuro, se tendrá en cuenta si son funcionalidades que un diseñador profesional pueden encontrar una gran utilidad en ella, para incluir esta funcionalidad en la versión de pago de la aplicación. Como se puede ver en la Tabla 23, las funcionalidades diferenciales no tienen por qué incluirse en la versión de pago por el hecho de serlo. Por ejemplo, la inclusión de guías ergonómicas puede ser útil a un profesional, pero incluirlas en la versión de pago va alineado con la estrategia de la empresa de invertir en conocimiento para mejorar las aplicaciones en realidad virtual que se diseñen, de forma que los usuarios que prueben la aplicación descubrirán la existencia de estas guías y aprenderán con ellas. Otra funcionalidad como el dictado por voz se incluye en la versión gratuita por ser una funcionalidad pensada simplemente para escribir de forma más cómoda y eficiente. Es una funcionalidad que mejora la experiencia de usuario de la aplicación, por lo que no tiene sentido ofrecer una peor experiencia de usuario a los usuarios que no paguen y una mejor a los que paguen: la experiencia de usuario debe ser lo mejor posible para todos los usuarios que utilicen la aplicación, para así mejorar la imagen del producto.

Tabla 23. Listado de funcionalidades de la versión gratuita y de pago.

MODELO GRATUITO	MODELO DE SUSCRIPCIÓN
Persistencia de datos de una única escena.	Gestión de más de una escena.
Guías de escala	Escalado en <i>dmm</i>
Formas 2D	Comandos de voz
Formas 3D	Interacciones
Previsualización	Cambio de entorno
Textos	Etiquetado
Dictado de voz a texto	Imágenes
Movimiento y transformación	Integración con herramientas de prototipado
Colores	Desplazamiento
Google Poly	
Ayudas y tutoriales	
Cambio entre puntero y mirada	
Copiado y pegado	
Agrupación de objetos	
Deshacer y rehacer	
Guías ergonómicas	

Fuente: elaboración propia.

El precio del modelo de suscripción está puesto de forma que permita obtener un buen rendimiento de ingresos recurrentes y a la vez que no suponga un gran desembolso para el cliente, ya que en las primeras entrevistas a los clientes explicaron que no desembolsarían una gran cantidad de dinero por una herramienta de este estilo, porque ya lo estarían haciendo al adquirir unas gafas para poder usarla. Por esto se ha decidido establecer el precio de suscripción inicial mensual en 9,90€, con previsiones de subir a 10,90€ tras el primer cierre del ejercicio. El precio exacto se ha especificado en comparación con los precios de las herramientas de diseño existentes en el mercado, que rondan los 12-15€ al mes. Al ser una aplicación nueva, no se quiere poner un precio que parezca muy alto para aumentar las posibilidades de que los clientes estén dispuestos a suscribirse, aunque no se ha querido poner un precio tan bajo que no permita tener buenas previsiones de ingresos. La suscripción trimestral permitirá desembolsar la cantidad equivalente a tres meses con un descuento del 10%, y la suscripción semestral permitirá hacerlo de igual forma para seis meses con un descuento del 20%. En el caso de existir reducciones de precios, estos descuentos seguirán estando disponibles, por lo que se verá afectado el precio mensual y en consecuencia el resto de los precios con el descuento aplicado.

Por último, se utilizará el sistema de suscripciones gratuito de PayPal, que además de integrarse fácilmente con la página web de la empresa, ofrece flexibilidad a la

hora de diseñar planes de precios y confianza al ser una marca de gestión económica conocida por muchos usuarios, por lo que es un intermediario que permitirá que los usuarios puedan pagar con la seguridad de que la empresa es de fiar. El sistema permite cobrar los impuestos correspondientes al lugar desde donde se ha realizado la compra. Por este motivo el precio se incluirá sin impuestos, dejando a PayPal encargarse de realizar el cálculo correspondiente.

14.5. Distribución

La aplicación se distribuirá por medio de la Oculus Store, que permite proveer de forma oficial aplicaciones tanto a las Oculus Go como a las Samsung Gear VR. La tienda de aplicaciones tiene una política de revisiones estricta, de forma que las aplicaciones que se distribuyen por este medio son aplicaciones de calidad y que han sido revisadas de forma exhaustiva por empleados de Oculus. Aunque esta restricción puede ser un freno a la hora de publicar la aplicación en la tienda, ya que tiene que ser revisada y aprobada antes de distribuirse, el hecho de conseguir que la aplicación esté en esta plataforma merece la pena, tanto por la imagen que da a los usuarios que sepan que la tienda solo muestra las aplicaciones aprobadas por Oculus, como por la capacidad de llegar a todas las gafas que accedan a la tienda, la cual está incorporada de forma pre-determinada en todas y cada una de las gafas. Además, la tienda ofrece listas realizadas por los editores que agrupan las mejores aplicaciones o las nuevas aplicaciones recomendadas para que los usuarios curiosos puedan localizar de forma más sencilla.

La Oculus Store tiene como inconveniente el hecho de que Oculus recibe el 30% del precio de la aplicación para las aplicaciones que manejen el pago en la propia tienda (Oculus, 2019d). Por este motivo, los pagos de la aplicación se realizarán a través de la web oficial, los cuales irán directamente a los ingresos de la empresa. Además, la Oculus Store no permite gestionar suscripciones de momento, por lo que este método de pago obliga a realizarlo por otro medio. Esto provoca que un usuario no pueda pagar al momento y tenga que abandonar la aplicación para ir a la página web oficial, pero no supondrá un mayor impedimento si el usuario desea suscribirse, pero es un aspecto a tener en cuenta. La aplicación, por tanto, se descargará de forma gratuita, y podrá utilizarse de forma libre, ofreciendo al usuario poder iniciar sesión con una cuenta que permita saber si el usuario tiene una suscripción activa o no.

La Oculus Store también facilita a los desarrolladores de aplicaciones probarlas antes de lanzarlas al mercado masivo, ofreciendo canales de distribución distintos, como el canal *beta*, al que solamente unos usuarios podrán acceder con el permiso de la aplicación, y que podrán descargar una versión de la aplicación que todavía no está del todo finalizada. Este canal de distribución se utilizará para realizar las pruebas con usuarios y recoger sus comentarios antes de lanzar al mercado la aplicación, cuya versión oficial se lanzará por otro canal abierto para este cometido.

Otra ventaja de esta tienda de aplicaciones es la posibilidad de distribuir globalmente la aplicación, siempre y cuando cumpla con las restricciones de calidad impuestas por Oculus, que incluye la traducción de la aplicación a los idiomas que

requieran los territorios. Esta distribución global puede estar restringida a países, por lo que es compatible con la estrategia de expansión explicada en el apartado 12.4.

14.6. Comunicación

En este primer periodo de introducción al mercado de la empresa, no se gastará mucho dinero en publicidad dado que se invertirán la mayoría de los esfuerzos en terminar la aplicación y que esta sea lo más adaptada al usuario final posible. Esto se suma a la principal prioridad estratégica de la empresa que es finalizar el periodo de formación sucesiva acumulando un capital de 3000€. En el caso de conseguir acumular esta cantidad de dinero, se optará por contratar los servicios de un profesional *freelance* que marque el plan de acción en cuanto a publicidad u otras variables de *marketing* que correspondan.

No obstante, sí se ha decidido mantener una campaña publicitaria que se realizará en el mes de diciembre de cada año, que consistirá en una reducción del precio de la aplicación hasta los 8,00€ que se mantendrá durante todo el mes y que intentará conseguir la mayor cantidad de descargas y suscripciones posible. Con estas campañas se espera obtener un aumento de los ingresos de la empresa en este mes que coincide con la mitad del año fiscal y cuyo empujón espera mejorar la rentabilidad de la empresa en los meses posteriores. Esta campaña de publicidad se realizará a través de Instagram con la ayuda de la plataforma de anuncios Facebook Ads, la cual permite personalizar al gusto del anunciante la campaña que se realizará en las redes sociales que tenga vinculadas a su cuenta. Si bien esta plataforma permite generar anuncios para Facebook y para Instagram (con futuros anuncios en Whatsapp), la empresa solamente poseerá un perfil social en Instagram al no ser Facebook una red social preferida por diseñadores (Florencia, 2015). Instagram permite subir vídeos y fotos en pequeños formatos consumibles fácilmente por los usuarios, y dado que esta red social es una red muy personal se intentará mostrar la cara más íntima y honesta de la empresa, compartiendo pequeños hitos, asistencias a eventos, píldoras educativas que sean relevantes, aspectos del personal de la empresa, nuevas incorporaciones, etc. Durante las campañas publicitarias se subirá contenido explicando la promoción y este se eliminará de la cuenta una vez finalizada la campaña, para mantener limpio el perfil de la cuenta de elementos que puedan ensuciar la imagen de la empresa. Se configurará la campaña de Facebook Ads para conseguir el objetivo de aumentar las descargas de la aplicación, y se fijará un presupuesto acorde al capital que posea la empresa. En esta primera fase, se dedicarán 400€ a esta primera campaña, y los algoritmos propios de la plataforma se encargarán de optimizar los recursos monetarios de los que dispone.

Otro canal que se utilizará será Twitter, también utilizado por diseñadores. En este canal, *a priori*, no se monetizarán anuncios, y se utilizará principalmente para compartir enlaces de interés, actualizaciones de la aplicación, pequeños tutoriales, mejoras futuras, nuevas entradas del blog de la empresa o cualquier tipo de novedad ligada al producto y a la empresa. También se interactuará con aquellos usuarios que realicen preguntas a la cuenta, reclamaciones, sugerencias o cualquier motivo de contacto, contestándoles por esta misma vía. Las campañas publicitarias también se

mencionarán por medio de esta vía, al ser noticias que los usuarios esperan recibir, pero no se monetizará su difusión. No por el hecho de no monetizar los anuncios no se realizarán campañas. El socio se encargará de manejar sus redes sociales y de interactuar con sus seguidores para hacerles saber esta promoción durante el periodo que dure, en este caso, el mes de diciembre.

Los tutoriales de la aplicación o cualquier otro contenido audiovisual importante será subido al canal de YouTube de la empresa, y será compartido por Twitter en caso de ser contenido relacionado con el producto y por Instagram en caso de ser contenido relacionado con la empresa en un aspecto más personal. Se etiquetarán correctamente los vídeos para poder aprovechar los algoritmos de búsqueda de Google y adueñarse de los términos de diseño en realidad virtual y prototipado en realidad virtual en los resultados de la búsqueda de vídeos.

Se utilizará la página web oficial de la empresa y del producto para publicarlo, mostrarlo en acción y listar las funcionalidades que ofrece, así como los planes de precios y menciones a la tienda de aplicaciones Oculus Store para que los usuarios sepan dónde descargarla. Se dedicará un apartado a explicar quién está detrás de Bóveda y la visión, misión y pequeña historia de la empresa, para crear un contenido inspirador que los usuarios interesados en entrar en esta sección de la página puedan disfrutar. Se dispondrá además de un blog oficial integrado dentro de la propia página en la que se publicarán comunicados oficiales, explicaciones sobre actualizaciones o nuevas funcionalidades o cualquier otro contenido que sea relevante y tenga que ver con el producto o la empresa. Se permitirá a los usuarios que estén interesados dejar su email para recibir novedades de la aplicación, pero no se realizará un boletín de noticias periódico, sino que se informará a los usuarios de nuevas funcionalidades, actualizaciones u ofertas que le puedan interesar.

15. Recursos humanos

15.1. Planificación de puestos

Antes de realizar la planificación de los recursos humanos, el análisis del entorno del equipo es necesario para evitar desequilibrios en cuanto a costes y personal, a la vez que se hace un uso óptimo de las actitudes de los trabajadores acorde a la estrategia de la empresa a la hora de crear este equipo.

Como el único empleado actual es el socio, el entorno interno del equipo no está desarrollado, pero se analizarán aquellos aspectos que la empresa tiene definidos y que afectarán al atractivo de los futuros empleados. Bóveda es una empresa que tiene potencial de crecimiento, si bien no es una empresa que pueda disponer de una abundante facturación, puesto que el crecimiento que se prevé es lento comparado con otras vías de financiación (este aspecto se justifica en el apartado 16.1). La cultura de la empresa fomenta un ambiente de trabajo moderno, amigable y responsable, en el

que la autogestión es un pilar fundamental de los empleados de la empresa. Las condiciones de trabajo son atractivas, puesto que el trabajo se realizaría de forma telemática y no habría un puesto de oficina al que acudir diariamente. Si bien esto puede ser una condición atractiva para los futuros empleados, también puede ser un problema, los cuales se analizarán posteriormente. Todos los empleados tendrán un plan de carrera nada más se incorporen a la empresa, con incentivos en base al éxito que esté teniendo la aplicación en el mercado. También se fomentará la formación, ya que es otro pilar de la cultura de la empresa. En cuanto a recursos económicos y tecnológicos, proveer a los empleados de la tecnología que necesiten para desarrollar su labor y poder estar al día de las últimas tecnologías será importante para la decisión del gasto en activos, con el objetivo de poder estar adelantados a la competencia.

En cuanto al entorno externo a Bóveda, actualmente existe formación en desarrollo de realidad extendida, ya sea virtual, mixta o aumentada, siendo esta formación cara y escasa, aunque está en auge y cada vez son más los alumnos que se matriculan en estos cursos, que normalmente tienen un formato de máster oficial. Sin embargo, para las primeras contrataciones, se considera que es necesaria una experiencia laboral previa en el sector o experiencia desarrollando por su cuenta proyectos personales, ya que la tecnología que utilizará es muy cambiante y el contenido de estos másteres puede estar anticuado de un año para el otro. Es por esto por lo que será necesario obtener perfiles con experiencia para poder llevar a cabo productos de calidad. Es probable, dada la naturaleza de la tecnología, que estos perfiles puedan encontrarse en personas que hayan estado desarrollando videojuegos en los últimos años, ya que, si bien la plataforma es distinta, los métodos de desarrollo son los mismos o muy parecidos, por lo que disponer de personas procedentes de este campo puede ser interesante y valioso para el equipo. El desarrollo de videojuegos no tiene muchas salidas laborales en España, por lo que la creación del departamento puede ser una buena oportunidad para este tipo de perfiles en busca de nuevos retos. Existen empresas que se han dedicado al desarrollo de experiencias en realidad virtual en los últimos años por lo que existen perfiles que tienen experiencia que no tienen por qué proceder de una carrera de videojuegos.

En cuanto al equipo objetivo que se busca, se va a optar por un equipo pequeño, ya que permitirá realizar un mejor producto final y poder ganar rentabilidad. Un equipo pequeño favorecerá además la creación de una estructura horizontal y la autogestión, aumentando el rendimiento de los integrantes y la creatividad para desarrollar nuevas funcionalidades. La gestión de los recursos humanos debe ser realista y no pecar de ambiciosa en una fase tan temprana, especialmente por las restricciones económicas que existen por otro lado. De momento, el único empleado que tendrá la empresa será el socio hasta que se disponga de suficiente dinero como para permitirse pagar a un profesional *freelance* que realice trabajo de apoyo al socio, pero no se incorporará a la empresa. La contratación de estos perfiles tendrá en cuenta su capacidad para poder trabajar en equipo, en vez de ser totalmente independientes como es habitual en esta clase de perfiles. Se podrá dar el caso de que se contraten varios perfiles *freelance* en el mismo periodo de tiempo, por lo que la formación de un equipo es posible, al menos en las labores de planificación.

La contratación de empleados que formen parte de la empresa solamente se realizará cuando se disponga de al menos un patrimonio que pueda pagar un 70% de su salario anual. De no disponer de esta cantidad de dinero la contratación de los empleados no se va a valorar, puesto que se debe ofrecer un puesto de trabajo que dé seguridad dentro de la inestabilidad propia de las empresas emergentes, además de que en el caso de que la empresa no funcione, se debe dar un tiempo a cada uno de los empleados para poder encontrar un trabajo y no quedarse sin empleo. De esta manera, permite disponer de una reserva destinada a salarios que evite sorpresas en un futuro. Los empleados de la empresa serán el principal recurso y es necesario cuidarlos, así que cualquier medida de precaución que se tome para reducir los riesgos de perjudicar a los empleados será bienvenida. Esto implica que la contratación no será posible en un corto plazo, y será necesario acumular bastante capital para poder incorporar a cada uno de los futuros empleados. Es por esto por lo que hasta que se disponga de este capital, se utilizarán recursos humanos de apoyo por medio de profesionales *freelance* que apoyen al único empleado de la empresa hasta entonces, el socio.

El perfil de los contratados y su cantidad se irá viendo según se vaya acercando el momento de contratarlos. De momento, no tiene sentido definir una cantidad y unos perfiles específicos que serán tenidos en cuenta en el largo plazo, si es que la empresa consigue crecer. Lo que sí se puede definir es que se necesitarán perfiles programadores de Unity, con experiencia en realidad virtual, perfiles modeladores 3D, a poder ser con conocimientos del motor gráfico de Unity, y perfiles de *marketing*. No se puede concretar más ya que el diseño de los puestos irá ligado a las necesidades que se dispongan en cada determinado momento, entre las que pueden incluirse nuevas funcionalidades, retoques estéticos, rediseños y en especial, el mantenimiento de la aplicación, el cual se verá más cargado cuanto más número de usuarios tenga la aplicación y más potenciales fallos puedan ocurrir.

15.2. Evaluación y retribución

Para fomentar la motivación de los empleados y la implicación con el producto y la empresa, se ha fijado un periodo de evaluación de seis meses, que permitirá al empleado progresar en un corto plazo, lo que disminuirá la sensación de incertidumbre sobre la carrera que puede tener en la empresa. Este periodo fomenta además una velocidad de crecimiento mayor, puesto que existirán dos revisiones al año. Al comienzo de este periodo se fijará en una primera revisión unos objetivos que el empleado tendrá que cumplir en ese periodo de evaluación, y tras cumplirlo, se procederá a realizar otra revisión para ver la evolución de los objetivos. Estos objetivos pueden ser tanto desarrollo de competencias necesarias para su puesto, colaboración, conocimiento aportado al equipo o aspectos de la aplicación a desarrollar. Los empleados tendrán por cada seis meses una subida salarial acorde al incremento anual del IPC en caso de que fuera positivo, con la adición de incentivos en un rango del 1 al 4% del salario anual según el éxito que tenga la aplicación y el desempeño colectivo durante los meses del periodo de evaluación. Este incentivo va orientado específicamente a fomentar la colaboración con los compañeros de trabajo y la implicación del empleado en la

calidad del producto y en que la aplicación tenga éxito, puesto que beneficia a todos en la empresa.

La retribución de los profesionales *freelance* que se contraten dependerá del precio por el que desarrollen la tarea de apoyo que se les asigne, y serán principalmente contratos por obra y servicio. Los resultados que se esperan de estos empleados están muy definidos y son concretos, por lo que presupuestarlos será relativamente sencillo. Se espera que la retribución de cada uno no supere los 1.000€ al mes, puesto que sería un gasto grande en los primeros meses de la empresa.

La retribución de los empleados incorporados a la empresa será acorde al salario del mercado de ese momento para el tipo de perfil que se contrate y su experiencia, un poco más alto para favorecer el atractivo de la empresa y evitar la rotación.

15.3. Equipos virtuales

Al ser esta una empresa en la que el socio mantiene su trabajo para financiar el crecimiento de su empresa con el dinero que obtenga de su salario, la compatibilidad entre el socio y el resto de los trabajadores es un factor determinante a la hora de decidir cuál es la forma de trabajar. El horario de trabajo del socio es de 8 de la mañana a 17 de la tarde, ya que realiza jornada completa en su empresa actual, en la que seguirá durante el tiempo en el que pueda mantener su empleo y hasta cuando pueda obtener tal cantidad de dinero por parte de la empresa que le permita tener un salario propio, aparte del salario de sus trabajadores (este aspecto se explicará con más detalle en el apartado 16.1). La dedicación del socio a la empresa será en su tiempo libre, pero los empleados de la empresa deben poder tener un horario de trabajo normal y no sujeto totalmente a la disponibilidad del socio, por lo que los empleados tendrían que trabajar con un horario de mañana. Esto obliga a que no se pueda trabajar al mismo tiempo y el trabajo tenga que planificarse de forma previa, para que cada uno de los integrantes tenga claro qué hacer durante el día y también sepan qué tienen que hacer el resto. Además, uno de los valores de la empresa es “libertad y responsabilidad: cada uno es libre de poder organizarse su trabajo mientras que las cosas salgan adelante, manteniendo una responsabilidad con el resto de las personas y con el producto”. Como el trabajo no tiene por qué realizarse al mismo tiempo, la necesidad de disponer de un espacio de trabajo físico prácticamente desaparece. Todos los aspectos mencionados anteriormente justifican la formación de un equipo virtual para el desarrollo de la aplicación, pero no todo son ventajas en la utilización de esta forma de trabajar.

Un equipo virtual es un equipo funcional en el que los miembros se encuentran dispersos geográficamente y dependen de comunicaciones a través de la tecnología en vez de interacciones cara a cara para desempeñar sus tareas (Gibson y Cohen, 2003). Por supuesto, en algún momento estos miembros pueden encontrarse en persona, pero la definición hace referencia a la necesidad de trabajar de forma remota para poder desempeñar sus tareas de forma eficiente y con la mejor colaboración posible. El equipo será más virtual cuantas menos veces se encuentren cara a cara o cuanto más alejados y en zonas horarias distintas se encuentren. Cuanto más virtual es un equipo,

más difícil es gestionarlo. Gibson y Cohen (2003) definen cuatro características que hacen especiales a los equipos virtuales:

- *Dependencia de la tecnología.*

Los equipos virtuales dependen mucho más de la tecnología que los equipos presenciales y, por tanto, la utilizan mucho más. Estos equipos no solamente trabajan con herramientas colaborativas o se dicen lo que tienen que hacer de forma remota, los integrantes de estos equipos también establecen relaciones personales con el resto de los miembros por medio de esta vía. Existen normas de comunicación que en muchos equipos presenciales tampoco existen, como normas sobre horarios de disponibilidad electrónica, normas sobre el manejo de los mensajes sin respuesta, manejo de interrupciones a otros compañeros, normas sobre qué medio es el más adecuado para el motivo de la comunicación, entre otros.

- *Dispersión geográfica.*

Se puede dar el caso en que existan diferencias culturales entre los miembros del grupo, siendo estas mayores si los miembros se encuentran en distintos continentes. Cada miembro del grupo puede tener un contexto distinto, puede tener una forma de hablar distinta o puede sentirse incómodo hablando de temas ajenos al trabajo con sus compañeros. Es por ello por lo que hay que tener en cuenta estas diferencias y diseñar una forma de trabajar que contemple la mejor alternativa para todos los integrantes del equipo.

- *Flexibilidad de su forma de trabajo.*

Es más probable que surjan cambios con el tiempo y que estos impliquen nuevos problemas. La disponibilidad de los miembros del equipo puede variar, por lo que es posible que no asistan a reuniones, además de que pueden tener otras prioridades antes de esa reunión. Aspectos como este obligan a no tener una forma rígida de trabajar, debe formarse según las necesidades de los miembros del equipo y no deben depender de ningún participante en concreto para desarrollarse.

- *Desarrollo de la confianza.*

El desarrollo de la confianza es fundamental y requiere un equilibrio entre la independencia de los miembros del grupo y el riesgo que esto supone. El trabajo del líder del equipo es clave en este proceso de equilibrio, y debe manejar las relaciones de su equipo para que el conocimiento y la productividad no se vean mercados por falta de confianza. Para facilitar la independencia de los miembros, una buena planificación es esencial, ya que cada miembro debe tener claras sus tareas, porque en el caso de duda, en un equipo virtual no es tan sencillo contactar con un compañero para preguntar dudas. Además, el hecho de que la planificación sea buena aumenta la confianza en los compañeros, al saber quién es el encargado de realizar qué tareas.

15.3.1. Ventajas de un equipo virtual

- *Mejora del equipo.*
La virtualidad puede aumentar la cantidad de participantes de una reunión, las contribuciones son generalmente más numerosas de forma remota y las sinergias entre las partes aumenta, lo que facilita la búsqueda y la obtención de conocimiento. Como en todos los equipos, los resultados que se obtienen en equipo son mejores que los que puede obtener un miembro por su cuenta. Los miembros de un equipo virtual no solo se relacionan con los miembros de su equipo, sino que tienden a relacionarse también con personas ajenas que en el caso de equipos presenciales es menos común. Esto aumenta el radio de contactos y puede beneficiar al equipo a largo plazo.
- *Entorno de trabajo flexible.*
El entorno de trabajo de cada miembro puede ser su hogar y disponer de las herramientas de trabajo que posea, o poder trabajar desde el lugar que mejor le parezca al miembro. Esto disminuye los grandes costes de alquiler de espacios u oficinas que suelen acarrear equipos presenciales y favorece la conciliación familiar de los miembros del equipo.
- *Menores problemas sociales.*
También disminuye los problemas sociales como la dominación de poder y la jerarquía, al ser menos probable que un miembro con gran capacidad vocal y asertiva pueda dominar al grupo, ya que las comunicaciones son en su mayoría vía texto. Los conflictos entre los miembros del grupo se ven reducidos en equipos virtuales porque la comunicación se filtra en mayor o menor medida al realizarse a través de un ordenador. La comunicación es más explícita, al ser mayoritariamente por texto, por lo que disminuye el problema común de los malentendidos o el comportamiento político.
- *Dificultad de control de personal.*
La racionalidad y la sanción se utilizan más frecuentemente en equipos virtuales como medidas de influencia. La revisión del desempeño y su documentación por parte de los líderes del equipo es más fácil de controlar ya que la mayoría de las interacciones quedan plasmadas de forma electrónica. Dada la flexibilidad de un equipo virtual, es posible un trabajo durante las 24 horas del día sin violar el tiempo personal de ningún miembro.

15.3.2. Desventajas de un equipo virtual

- *Limitaciones de la tecnología.*
La mala calidad de los dispositivos o del ancho de banda que posea un miembro puede ser un obstáculo a la hora de trabajar con el resto, limitando, por ejemplo, la posibilidad de realizar videollamadas, un método recomendado en este tipo de equipos. Es difícil encontrar herramientas que puedan controlar todo lo que necesita un equipo virtual, por lo que se tienen que manejar distintas herramientas y elegir bien cuáles de ellas se van a utilizar, especialmente si son de pago.

- *Relaciones personales.*

En los equipos virtuales la comunicación es más formal, lo que disminuye las emociones o el interés en las comunicaciones. Existen menos oportunidades de participar en conversaciones ajenas al trabajo, lo que puede disminuir la familiaridad, la confianza o la propia sensación de pertenencia a un equipo. A veces esto se traduce a una mayor sensación de ambigüedad y complejidad de la información que los miembros del grupo intercambian. Aunque los equipos virtuales tengan menos propensión a los conflictos, estos tienen más posibilidades de permanecer ocultos durante más tiempo que en los equipos presenciales.

- *Comunicación no presencial.*

La comunicación por medio de texto puede ser muy laboriosa, y generalmente no se dedica el tiempo a escribir con detalle, lo que puede acabar omitiendo información relevante que por medio de una comunicación presencial puede quedar más clara al recibir más información, por ejemplo, de lenguaje no verbal o señalización de información. Otro problema de esta vía de comunicación es que el emisor de información puede no saber si los receptores han entendido lo que se estaba transmitiendo, ya que es probable que los receptores no transmitan si lo han comprendido todo o no. La comunicación puede limitarse a episodios breves, y aunque esto es eficiente, puede aumentar los malentendidos, la dificultad de hallar consenso entre los miembros, o incluso dificultar las oportunidades de participación de los miembros en las reuniones. Otro problema de la comunicación basada en texto es que es más difícil para los miembros del equipo hacerse una idea de cómo son sus compañeros y del conocimiento que tienen. En un equipo presencial esto es más fácil de conseguir porque los miembros se relacionan independientemente de que se diseñen o no momentos para hacerlo, pero en equipos virtuales estos momentos son necesarios para desarrollar la credibilidad entre los miembros. Además, el contexto de cada miembro del equipo puede ser distinto y a menudo no se transmite porque se desconoce qué información es relevante transmitir al resto de miembros del equipo, asumiendo que el resto de los miembros conocen su situación.

- *Problemas de coordinación.*

Cada miembro puede tener su propia manera de manejar la información o los archivos con los que trabajan, lo que puede dificultar la colaboración. Estos problemas de coordinación pueden acarrear aumentos en el tiempo necesario para realizar tareas básicas, como comunicar novedades o establecer un entendimiento común del estado actual y los objetivos. Esto provoca a menudo discusiones redundantes y diálogo perdido. Una queja común en equipos virtuales es que en las reuniones se malgasta más tiempo compartiendo información que realizando tareas colaborativas, como la toma de decisiones o resolución de problemas. Los problemas de coordinación pueden llevar a alargar en algunas ocasiones la jornada laboral de los miembros. Relacionado con esto también existe el problema de la ubicación de los miembros del equipo, ya que en el caso de realizar reuniones presenciales unos pueden estar más cerca que otros del punto de encuentro, lo que crea desventajas entre los miembros.

- *Gestión de recursos humanos.*

Si los integrantes del equipo tienen diferencias en la forma de trabajar, puede ser más complicado revisar su desempeño. También es complicado analizar el desarrollo del propio empleado en su carrera profesional, ya que la creación de competencias y experiencia es difícil si no existen sistemas que lo manejen, al igual que la aplicación de técnicas de motivación tradicionales.

15.3.3. Cómo podría ser la organización

En este momento no es posible definir concretamente como va a funcionar el equipo porque solamente está formado por el socio. Se podrían establecer aquí recomendaciones o puntos para tener en cuenta a la hora de formar el equipo, pero la metodología específica de trabajo tendrá que ser definida con los miembros del equipo. Al fin y al cabo, en equipos virtuales primero van las personas, después los procesos y por último las herramientas utilizadas, por lo que si las personas no están a gusto con la manera de trabajar no hay nada que hacer. En este apartado, por tanto, se recogerán buenas prácticas, recomendaciones y posibles soluciones que se pueden tener en cuenta para que, en un futuro, cuando se contraten a los primeros empleados, se sepa cómo hay que actuar.

- *Relaciones personales.*

A la hora de incorporar un nuevo miembro al equipo, será importante una reunión presencial en la que los miembros del equipo se conozcan y se le introduzca a la forma de trabajar, normas del equipo y roles. Siempre que una reunión importante no se puede realizar de forma presencial, se deberá realizar por videollamada, para poder ver las caras de los compañeros. Esto ayudará a establecer confianza con los compañeros y fomentar el reconocimiento de conflictos para prevenirlos o manejarlos antes de que se desarrollen (Gibson y Cohen, 2003) . Además, es importante aprovechar estas reuniones para comunicarse informalmente y mejorar la relación personal con los miembros del equipo.

Será recomendable mantener un calendario regular de reuniones presencial, en la que discutan objetivos, procesos de trabajo, progreso, y se colabore con los compañeros. Unos procesos y unas rutinas estables también pueden ayudar a construir confianza en el equipo (Gibson y Cohen, 2003) . Como el socio mantendrá su trabajo estable mientras compagina su trabajo en Bóveda, el horario tendrá que ser compatible con su tiempo libre, que si mantiene su horario de jornada completa de 8:00 a 17:00, tendrá que ser por las tardes o en fin de semana. La primera persona contratada puede sentirse sola en su jornada laboral hasta que se contrate a otra persona, ya que si decide trabajar a la vez que trabaja el socio entonces pasará unas horas totalmente independiente. En este caso, sería ideal que las reuniones presenciales puedan ser cada una o dos semanas, para explicar detalles, resolver dudas, planificar, colaborar, conocer más a la persona y revisar su trabajo. Con el tiempo las reuniones presenciales podrán ser menos seguidas, pero al menos una o dos veces al mes serán necesarias para fomentar las relaciones laborales.

Los empleados contratados tendrán derecho a un horario flexible, por lo que si quieren trabajar de mañana podrán hacerlo, en vez de estar obligados a trabajar de tarde solo porque un integrante del grupo trabaje para otra empresa de mañana, como es el socio. De todas formas, para facilitar la colaboración, tendrá que definirse un rango horario en la que la disponibilidad de comunicación sea obligatoria, en la que todos los integrantes se comprometan a estar disponibles para hablar se encuentren donde se encuentren. Fuera de este horario, la comunicación también será posible, pero ya no hay una obligación de respuesta, por ejemplo, en el momento en el que el socio esté trabajando en su trabajo estable, podrá responder a las cuestiones de su equipo, pero no podrá comprometerse a hacerlo por razones obvias

La comunicación informal es importante en el equipo, aunque no se realice de forma presencial, por lo que se tendrán que habilitar vías para poderlo hacer. Habrá que ayudar y alentar al equipo a establecer redes fuera del equipo y con los clientes para estar al tanto de los cambios en el contexto y compartir diferencias de opinión dentro del equipo. Existen en Madrid zonas de *coworking* que pueden alquilarse para tener un espacio de trabajo, o zonas gratuitas como el Campus de Google, que además de proporcionar todo lo necesario para trabajar cómodamente, es una cuna de *startups*, donde las relaciones externas al equipo pueden ser más fáciles de desarrollar porque habrá equipos allí trabajando con los que poder hablar presencialmente si surge la ocasión.

Habrá que asegurarse de que la información de las tareas, el contexto de los miembros del equipo y la comunicación informal se incluya en la comunicación del equipo. Se utilizarán herramientas de comunicación por chat, como Slack o Microsoft Teams, que permiten una comunicación más ágil y ordenada al poder existir canales de comunicación para cada tipo de tema que se esté tratando, además de la posibilidad de chatear por privado y hacer videollamadas. Tendrá que definirse con los miembros del equipo cómo debe ser la comunicación, por ejemplo, cuándo escribir por texto, cuando hacer una llamada, cuando hacer una videollamada, si la comunicación es individual o grupal, cuándo no molestar a un compañero, por qué canales hablar de temas de trabajo y por qué otros hablar de asuntos más informales, etc.

Actualmente, Microsoft Teams es la mejor opción porque además de ser gratuita, permite realizar videollamadas y gestionar archivos en sus servidores, por lo que es una opción cómoda que puede agilizar los procesos. De todas formas, las herramientas tendrán que ser elegidas en consenso con el resto de los miembros.

- *Herramientas de trabajo*

Habrá que asegurarse de que el equipo tenga los recursos adecuados para poder trabajar de forma remota, y a la hora de elegir con qué herramientas trabajar, será necesario tener en cuenta lo que se dispone y las características del equipo, por ejemplo, el numero de miembros o la velocidad de ancho de banda pueden afectar a qué herramienta utilizar en cada momento. También la complejidad de las tareas que se realicen influirá en las herramientas a utilizar. Será mejor no utilizar

herramientas experimentales que puedan frustrar al equipo, y menos cuando las fechas de entrega sean ajustadas. Si se quiere probar una nueva herramienta, se debería hacer en algún pequeño proyecto antes de difundirla a todo el equipo (Gibson y Cohen, 2003) .

Será conveniente realizar auditorías de las herramientas utilizadas para garantizar que la tecnología se adapte a las necesidades del equipo. El objetivo es que todo el equipo se sienta cómodo utilizando las herramientas y deben estar convencidos de que las herramientas utilizadas resuelven los problemas de su trabajo.

Además de la ya mencionada herramienta Microsoft Teams, se podrá utilizar la suite de ofimática gratuita y online de Google Drive, el programa de diseño gratuito Figma, el servidor de control de versiones gratuito Github, el editor de texto para programación gratuito Visual Studio Code. Se podrá pagar una suscripción en el caso de necesitar más capacidades para estas herramientas, pero al principio ayudará disponer de herramientas gratuitas para abaratar costes.

- *Reclutamiento.*

Los miembros del equipo deberán ser reclutados con unas cualidades y competencias que permitan trabajar bien en equipos virtuales, además del conocimiento que aporte cada una de las personas que se puedan incorporar. Estas cualidades suelen ser la tolerancia, comprensión, habilidades interpersonales, trabajo en equipo, autogestión y comodidad con tecnologías de gestión de tareas virtuales (Gibson y Cohen, 2003).

- *Gestión del conocimiento.*

Será conveniente incentivar al aprendizaje, tanto personal como en grupos, tanto para aumentar el conocimiento del equipo al compartir el conocimiento obtenido como para ampliar las redes personales. Declarar a miembros expertos en la materia ayuda a recopilar el conocimiento, tanto para las personas que acuden al experto para solucionar sus dudas como para el propio experto que ve más claro los conocimientos en los que debe profundizar. Se podrá dedicar tiempo y dinero a la formación de los miembros del equipo en caso de que lo necesiten y aporte conocimiento al equipo.

- *Gestión del equipo.*

Las actividades, los resultados y los miembros del equipo deberán estar alineados con los objetivos y la estrategia de la empresa, y deben estar de acuerdo en las decisiones que se tomen. Cada miembro deberá saber de qué forma influye a la estrategia de la empresa. Para favorecer la confianza y la comprensión entre los miembros del equipo, es recomendable descentralizar, dividiendo responsabilidades entre los miembros y permitir decidir sobre la dinámica y procedimientos a seguir. Es importante además que la gestión del cambio sea dinámica, y que tanto las tareas, la estructura y las políticas cambien cuando las condiciones del entorno de trabajo lo hagan (Gibson y Cohen, 2003) . Esto se realizará mucho mejor con estructuras de equipo horizontales en vez de jerárquicas.

Como el socio será el encargado de gestionar al equipo, deberá llevar medidas de rendimiento del equipo, lo cual también ayudará a alinear a los miembros con la estrategia de la empresa. También será necesario que supervise el uso de las tecnologías y la productividad antes y después de la implementación de las herramientas y de la capacitación de los miembros, para poder justificar inversiones en tecnologías y en formación (Gibson y Cohen, 2003).

- *Gestión de recursos humanos.*

Habrá que complementar las medidas de rendimiento que el socio dispondrá con una evaluación para informar a cada miembro sobre su desarrollo y conseguir una mejora continua. El socio tendrá que asegurarse de que los miembros del equipo reciban *feedback* continuo a medida que el trabajo evoluciona.

Las recompensas también ayudan a evitar conflictos. Gibson y Cohen (2003) recomiendan pagar al individuo por las tareas que realiza más que por el puesto que tiene, además de recompensar al equipo cuando existe un desempeño colectivo bueno. Esto va acorde a la retribución que se había pensado en la que se premiaba a los empleados cada 6 meses con un incremento de su salario en función del desempeño colectivo.

En el caso de trabajar con profesionales *freelance*, estas medidas no serán aplicables en su mayoría, ya que serán trabajadores independientes a la empresa que pres-ten apoyo puntual en tareas ya definidas. La comunicación puede realizarse por vía email o videollamada, pero no se va a realizar una gestión de recursos humanos como se está definiendo en este apartado.

15.3.4. Por qué el socio no será el primer contratado

Los problemas de compatibilidad de horarios se verían resueltos en su mayoría si el socio dejara su trabajo estable y se dedicara al 100% a Bóveda. El socio es un recurso que la empresa ya posee, una persona implicada en el proyecto, con buen rendimiento y autogestión y encontrar un perfil igual de implicado va a ser difícil. Es un recurso de la empresa que no tiene costes, y, al contrario, aporta capital proveniente del salario que obtiene con otra empresa, por eso no es el socio el primer empleado en recibir un sueldo de la empresa. El socio se dedicará a labores de gestión económica, *marketing*, redes, planificación, y diseño de funcionalidades y experiencia de usuario que es la parte que mejor maneja, a la vez que realizará los cambios de programación necesarios hasta que pueda permitirse externalizar esta labor a otros trabajadores. Pero llegado el momento de seguir con la estrategia de la empresa de preparar la aplicación para su implementación en las gafas Oculus Quest, el socio ya no podrá dedicarse a programar dos herramientas a la vez. Llegado ese momento la herramienta de las plataformas 3DOF ya estará avanzada, por lo que si se programa en ella serán labores de mantenimiento principalmente y pequeñas mejoras para lanzar actualizaciones, o algún que otro rediseño. Para desarrollar paralelamente en las gafas Oculus Quest se necesitan personas aparte dedicadas a ello. El socio también se encargará de la parte de diseño para Oculus Quest, pero se mantendría entre medias de las dos aplicaciones, delegando las labores de programación en otros empleados, internos o externos. El

socio recibirá un salario de Bóveda y podrá dejar su trabajo estable cuando el capital que maneje la empresa le permita tener un salario a la vez que mantiene un equipo virtual de personas.

16. Finanzas

16.1. Fuente de inversión: el *bootstrapping*

Para obtener financiación para esta empresa, no se va a recurrir a capital propio, porque no se dispone de suficiente como para poder montar una empresa; ni a capital de amigos y conocidos, porque no se quiere añadir tensiones en las relaciones personales del socio y evitar empezar con deudas; y tampoco a inversores externos, porque no se quiere perder poder de decisión en la empresa, además de que estos inversores proporcionan dinero pero con la condición de reembolsarse el dinero invertido y más, lo que se consigue la mayoría de las veces con la venta de la empresa, lo cual no está entre los planes de Bóveda ahora mismo. Esta aplicación nació como un proyecto paralelo al trabajo del socio, y su propia naturaleza ha llevado a desarrollar un producto que poco a poco ha sabido adaptarse a las necesidades de los usuarios, sin ningún tipo de coste ni remuneración por el tiempo dedicado. El socio se ha mantenido económicamente gracias a un trabajo estable que le proporciona otra empresa, y que le permite obtener un salario mensual con el que satisfacer sus necesidades de consumo y ahorro. Utilizar el salario mensual para financiar una empresa propia sin financiación externa es lo que se conoce como *bootstrapping*, en la que la empresa siempre se mantiene en un segundo plano en cuanto a dedicación, pero no en cuanto a esfuerzo. Realizar este tipo de financiación no es fácil, requiere de más esfuerzo personal que dedicarse completamente a la empresa propia, al gastar el tiempo de ocio para dedicarlo a la empresa, a la vez que parte del salario mensual va directo al capital de la empresa. El llamado *bootstrapping*, por tanto, es la alternativa de financiación más realista que se puede manejar con las condiciones económicas del socio y la se adapta a las necesidades de la empresa.

El crecimiento que se consigue con este tipo de financiación es lento, ya que requiere acumular poco a poco un porcentaje del salario mensual hasta que se disponga de dinero para poder financiar las necesidades de la empresa. Esto implica que no se dispondrá de una gran cantidad de dinero para contratar a un gran equipo, ni alquilar oficinas, comprar la última tecnología o hacer grandes campañas de *marketing* como en el caso de las empresas que están financiadas con inversores. Sin embargo, esto no tiene por qué ser negativo, hay varias razones por las que es recomendable tomar el camino del crecimiento lento (Tank, 2018):

1. Si las decisiones se toman en base al beneficio obtenido es más fácil no estar atrapado en deudas que quiten libertad a la empresa. Sea pequeño o grande el beneficio, bastará con gastar menos de lo que se gana para tener libertad financiera, y poder crecer al ritmo que se desee.

2. Muchas empresas financiadas con gran cantidad de dinero forman un equipo rápidamente, lo que puede provocar que no se contrate a las personas correctas. El equipo en una empresa emergente es muy importante, ya que serán las personas que den forma al producto, y poder elegir con más calma a los integrantes del equipo será mejor para el producto y para la empresa.
3. “Las compañías respaldadas por inversores a menudo comienzan con un profundo conocimiento de su audiencia. Sin embargo, con el tiempo, es fácil confundir lo que los clientes quieren con lo que quieren los inversores” (Tank, 2018). Estudiar lo que los clientes quieren y cuidarles es muy importante en una empresa con lento crecimiento como con bootstrapping, además va acorde a los valores de Bóveda en hecho de centrar al cliente en todos los procesos. Escuchar lo que quieren los clientes en vez de los inversores también mejorará el producto, y será vital cuidar a los clientes que ya se disponen en vez de centrarse exclusivamente en captar clientes nuevos.
4. Hay tiempo para aprender lo que necesita la empresa y para conocer a los empleados que la forman. También incluso para poder llevar un estilo de vida sano, ya que habrá menos presiones para que las cosas salgan adelante.

El problema del crecimiento lento en esta empresa concretamente es que el sector de la realidad virtual es un sector muy cambiante en el que hay que actuar rápido. La principal ventaja competitiva de la empresa es que el nicho al que está destinada no está satisfecho por ninguna otra aplicación que exista en el mercado, por lo que es una oportunidad que hay que aprovechar cuanto antes. Además, está estimado que las Oculus Quest sean líder en ventas este año, por lo que hay que conseguir un equipo que trabaje en ellas lo antes posible. Esta velocidad que necesita la empresa puede resultar incompatible con la forma de financiación elegida, pero simplemente se tardará más tiempo en conseguirlas. Por ejemplo, que las gafas sean líderes en ventas este año y no el siguiente puede hacer a la empresa perder la oportunidad de sumarse a la novedad, pero, por otro lado, el año que viene habrá una mayor base de usuarios ya asentada que este año no será tan grande porque se encuentra en aumento. Como se verá en apartados posteriores, este aspecto de la estrategia de la empresa se ha tenido en cuenta a la hora de estimar cuándo se podría empezar a trabajar en la versión de Bóveda para Oculus Quest.

De tener inversores en la empresa, el crecimiento de la empresa podría ser mucho mayor y aprovechar las oportunidades más inmediatas que se poseen, pero la presión que ejercen los inversores para crecer es grande, tanto por la obtención de beneficios como para los tiempos de entrega que se estipulan para tener un rendimiento mínimo. Estos tiempos de entrega pueden dificultar el cambio de sentido de la empresa y del producto en caso de detectarse de que los usuarios comienzan a tener otro tipo de necesidades. Esta presión eleva su poder de negociación, y aunque no dispongan que la mayoría de las participaciones de la empresa como para controlarla a su antojo, las decisiones se verán muy influenciadas por las posibles amenazas de retirada de fondos de los inversores. Además, los inversores estiman una vida de la empresa de entre 5 y 10 años, para poder acabar vendiéndola y obtener beneficios de la inversión que

realizaron. Si la empresa quiere persistir el mayor tiempo posible, como es el caso, entonces es mejor no tener inversores que puedan amenazar con vender la empresa.

El crecimiento por *bootstrapping* es honesto e inspirador, y es la imagen que proyecta la empresa hacia el público, lo cual puede mejorar la percepción que tienen los agentes interesados en la empresa, incluidos los potenciales clientes que adquieran el producto. Esta imagen es algo que se puede aprovechar en las comunicaciones públicas que realice la empresa, que acompaña a la estrategia de comunicación definida en el apartado 14.6. Mostrar el trabajo que se va haciendo y el esfuerzo invertido en conseguir las pequeñas metas de la empresa desarrollará una comunidad involucrada en el proyecto, en el que además de seguir las publicaciones que sean de su interés notificarán los fallos que se estén haciendo.

En el caso de que se necesite un empujón financiero, está abierta la posibilidad de obtener un préstamo por una entidad financiera o, en una última instancia, aceptar inversores. Comenzar una empresa financiada con *bootstrapping* no significa que tenga que mantener esta forma de financiación toda su vida, ya que el contexto de la empresa cambiará según vaya siendo más conocida. De todas formas, siempre se estará al tanto de nuevas ayudas o subvenciones del Estado para obtener capital que pueda mejorar la condición de la empresa, ya que analizando las ayudas e incentivos que ofrece la Comunidad de Madrid actualmente PAE. (2019b), Bóveda no puede acceder a ninguna de ellas porque la actividad de la empresa ni las características del socio encajan con las condiciones que imponen para poder solicitarlas.

16.2. Modelo de estimación

En los apartados siguientes se planteará un posible escenario que puede ocurrir en base a estimaciones de instalaciones de la aplicación, junto con otros parámetros que afectan al resultado final. La cantidad de salario aportada para financiar a la empresa dependerá del escenario, al igual que las decisiones que se vayan tomando según la cantidad de capital del que se disponga. La estimación se ha realizado con una hoja de cálculo de Microsoft Excel, en la que se ha plasmado un modelo que, proporcionando las instalaciones estimadas obtenidas en cada mes del año, se puede obtener el capital acumulado de la empresa, calculando entre medias una gran cantidad de variables que pueden deducirse de los datos estimados, teniendo en cuenta unos parámetros de entrada que varían las predicciones.

En las tiendas de aplicaciones de realidad virtual no se disponen de datos sobre el total de descargas o el número de descargas al mes que pueden tener las aplicaciones, manteniendo esos datos privados para los desarrolladores. Es por eso por lo que la estimación ha tenido que realizarse de forma subjetiva, manteniendo una postura muy conservadora para evitar tener una estimación muy optimista de los resultados. Se ha tomado como punto de referencia el número de países en los que la aplicación estará como mínimo disponible en cada mes, definidos en la estrategia de expansión geográfica del apartado 12.4. Se ha tomado el número de instalaciones mensual como una variable que es creciente con el tiempo, influenciada por el mayor conocimiento

de la marca y visibilidad en redes y en la tienda de aplicaciones. Con el lanzamiento de la aplicación en cada país, se seguirá una progresión de 5, 10 y 15 descargas a medida que va pasando el tiempo y la aplicación se asienta en ese país. A medida que avanza más el tiempo, este valor de descargas por país irá variando influenciado por las decisiones que se vayan tomando en la empresa a lo largo del tiempo, las cuales se justifican con el capital acumulado mes a mes que se obtiene al final del modelo. Para llegar a calcular este capital hay que obtener el valor de muchas variables, las cuales se explican a continuación en el orden en el que son calculadas:

- *Número de usuarios nuevos.*

A partir del número de instalaciones del mes, es necesario calcular cuántas de esas instalaciones acaban quedándose con la aplicación instalada o no. Se ha fijado como parámetros un porcentaje de desinstalaciones del 15% de forma subjetiva, ya que no se disponen de datos estadísticos sobre las desinstalaciones de aplicaciones en realidad virtual. En cambio, el comportamiento de los usuarios de aplicaciones móviles sí ha sido analizado y se encuentra cerca del 30% (Rosenfelder, 2018), pero se ha considerado que la instalación de una aplicación en realidad virtual no va a ser tan fácil como en la de un teléfono móvil, ya que la persona que la instale no ve la aplicación en su día a día y puede quedarse instalada hasta que la persona se vuelva a colocar las gafas y recordar que la había instalado. Al no disponer de datos, esta variable crea un sesgo en la estimación. El número de usuarios nuevos se calcula con la ecuación (3) redondeada hacia abajo, siendo t un mes entre julio 2019 y junio 2022.

$$n^{\circ} \text{ usuario}_{\text{nuevo}} = n^{\circ} \text{ instalaciones} \cdot (100\% - \% \text{ de desinstalaciones}) \quad (3)$$

- *Suscripciones mensuales/trimestrales/semestrales nuevas.*

Se han definido como parámetros subjetivamente un porcentaje de usuarios que elegirán cada tipo de suscripción, siendo un 70% de usuarios mensuales, un 20% trimestrales y un 10% semestrales. No todos los usuarios que se descarguen la aplicación se suscribirán a la aplicación, por eso se ha fijado otro parámetro que regula el porcentaje de usuarios que se suscribirán, fijado en un 20% de los usuarios. Para influenciar este porcentaje con el progreso de la empresa en mejora de marca, calidad y mantenimiento, se ha supuesto que cada mes este porcentaje subirá un 1%, también fijado como otro parámetro, de forma que con el paso del tiempo la probabilidad de que un usuario se suscriba a la aplicación es mayor. El número de suscripciones mensuales, trimestrales y semestrales se ha calculado con la ecuación (4) redondeada hacia arriba, siendo t un mes entre julio 2019 y junio 2022, y s el tipo de suscripción.

$$\% \text{ suscripción}_{\text{nueva}} = n^{\circ} \text{ usuario}_{\text{nuevo}} \cdot \text{prob. de suscripción} \cdot \% \text{ suscripción} \quad (4)$$

- *Suscripciones nuevas que serán canceladas.*

El crecimiento de los ingresos de la empresa depende de la recurrencia de los pagos por suscripción, pero no todos los usuarios mantendrán su suscripción en el

momento del siguiente periodo de pago. Por eso se ha tenido en cuenta que un usuario puede cancelar su suscripción en cualquier momento, lo que provoca que el pago siguiente no se volverá a cobrar al mismo usuario. Esto provoca una reducción a la hora de calcular el número de suscripciones activas posteriormente. Para simplificar el modelo no se ha tenido en cuenta la posibilidad de que un usuario cancele su suscripción y la renueve en otro momento, suponiendo que si un usuario cancela no volverá a intentar suscribirse. Por otro lado, se ha fijado de forma subjetiva un parámetro de probabilidad de cancelación de un 60%, que se va reduciendo con el tiempo por el mismo efecto que hace que los usuarios se suscriban cada vez más. En este caso, se ha tenido en cuenta que la probabilidad desciende un 1% hasta alcanzar un mínimo de un 40%, suponiendo que siempre habrá una cantidad de usuarios que cancelen su suscripción en algún momento. Se ha supuesto además que la probabilidad de cancelación es idéntica en los tres modelos de suscripción. Estas suposiciones inducen un sesgo grande en el modelo, pero por la misma razón que con los datos de instalaciones y desinstalaciones, se carecen de datos estadísticos aplicables a la realidad virtual. La forma de calcular el número de suscripciones nuevas que serán canceladas es mediante la ecuación (5) redondeada hacia abajo, siendo t un mes entre julio 2019 y junio 2022, y s el tipo de suscripción.

$$\begin{aligned} u_{\text{cancelada}}^s(t) &= u_{\text{nueva}}^s(t) \cdot \text{prob. cancelación}, \end{aligned} \quad (5)$$

- *Usuarios pagando una suscripción.*

Para poder calcular los ingresos estimados de cada mes es necesario saber cuántos usuarios pagarán por la suscripción en ese mes. Para ello habrá que tener en cuenta los nuevos usuarios que van a pagar por primera vez la suscripción y la renovación de los usuarios que tienen una suscripción activa. Dado que existen dos modelos que no son mensuales, habrá que tener en cuenta en el cálculo que la renovación de la suscripción semestral y trimestral se hace una vez finalice el periodo de tres o seis meses. Además, no se tendrán en cuenta aquellos usuarios que hayan cancelado su suscripción. Para el cálculo de los usuarios pagando actualmente una suscripción se utiliza la ecuación (6) para las suscripciones mensuales, la ecuación (7) para suscripciones trimestrales y la ecuación (8) para suscripciones semestrales, siendo t un mes entre julio 2019 y junio 2022.

$$\begin{aligned} u_{\text{pagando}}^{\text{mensual}}(t) &= u_{\text{nueva}}^{\text{mensual}}(t) \\ &+ u_{\text{pagando}}^{\text{mensual}}(t-1) \\ &- u_{\text{cancelada}}^{\text{mensual}}(t-1) \end{aligned} \quad (6)$$

$$\begin{aligned} u_{\text{pagando}}^{\text{trimestral}}(t) &= u_{\text{nueva}}^{\text{trimestral}}(t) \end{aligned} \quad (7)$$

$$- \text{costo de suscripción nueva cancelada}_{\text{trimestres}, \text{ral}_{t-3}}$$

$$\begin{aligned} \text{usuario pagando}_{\text{semes}, \text{ral}_t} = & \text{costo de suscripción nueva}_{\text{semes}, \text{ral}_t} \\ & - \text{usuario pagando}_{\text{semes}, \text{ral}_{t-6}} \\ & - \text{costo de suscripción nueva cancelada}_{\text{semes}, \text{ral}_{t-6}} \end{aligned} \quad (8)$$

- *Precio de la suscripción.*

A partir del precio definido en el apartado 14.4, se comenzará con un precio de la aplicación de 9,90€, y tras el primer cierre del ejercicio se subirá a 10,90€. El descuento de la suscripción trimestral y semestral se ha fijado como parámetros para poderlos regular si hiciera falta. En la Tabla 24 se han incluido los precios de la suscripción, que se calculan aplicando el descuento correspondiente al precio de una suscripción mensual y multiplicando el precio por el número de meses que vaya a estar activa la suscripción. Se ha tenido en cuenta además que en las campañas de Navidad el precio de la suscripción mensual es de 8€. Como el precio no incluye impuestos, este precio es equivalente a la cantidad de ingresos que se reciben por parte de las ventas.

Tabla 24. Precios de suscripción.

	MENSUAL	TRIMESTRAL	SEMESTRAL
PRECIO INICIAL	9,90 €	26,73 €	47,52 €
PRECIO EN EL 2º AÑO	10,90 €	29,43 €	52,32 €
PRECIO EN CAMPAÑA	8,00 €	21,60 €	38,40 €

Fuente: elaboración propia.

- *Ingreso total mensual.*

Una vez se tiene el número de usuarios que en el mes actual van a pagar por la suscripción y su precio, basta multiplicar cada precio de los tipos de suscripción por el número de usuarios que ha elegido el tipo correspondiente. La ecuación del cálculo es la (9) siendo t un mes entre julio 2019 y junio 2022, y s el tipo de suscripción.

$$\text{ingreso total}_{s_t} = \sum \text{usuario pagando}_{s_t} \cdot \text{precio}_{s_t} \quad (9)$$

- *Salario aportado a capital.*

La financiación por *bootstrapping* conlleva aportar una cantidad del salario del socio al capital de la empresa. En este caso, se ha decidido aportar una mayor cantidad del salario en los primeros meses de la empresa hasta poder cubrir los 3.000€ de capital necesarios para terminar el proceso de formación sucesiva. Esta

aportación se ha estimado de un 20% del salario. Una vez terminada la formación sucesiva, la aportación será del 10% del salario. En los meses en los que el socio obtenga una paga extra, se mantendrá este porcentaje de aportación, por lo que en los meses de diciembre y julio la aportación será mayor. El cálculo del salario aportado se ha tenido que estimar a tres años como el resto de las variables, lo que ha conllevado a estimar el posible salario que el socio tenga en cada momento. Se ha supuesto que el socio mantiene su puesto en la empresa en la que trabaja actualmente, en la que las subidas salariales se producen cada 6 meses hasta alcanzar una categoría superior. Las subidas salariales en perfiles bajos suelen ser de 3.000€, por lo que se ha mantenido este ritmo hasta alcanzar una mayor categoría, que se ha considerado la misma subida de 3.000€ pero después de 1 año. Aplicando una reducción de IRPF del 13,02% y una aportación a la seguridad social del 6%, se ha podido obtener el salario neto correspondiente, a partir del cual se ha obtenido la cantidad de salario aportado a capital al aplicar el porcentaje de aportación.

- *Capital acumulado.*

Una vez obtenidos los ingresos por ventas estimados y la aportación de salario a capital estimada, su suma permite saber el aumento de capital que ha tenido la empresa en ese mes. Este aumento de capital se va acumulando mes a mes, a la vez que se van restando aquellos gastos que se estimen necesarios y viables en cada momento., que se calcula con la ecuación (10) siendo t un mes entre julio 2019 y junio 2022. A la hora de decidir si gastar o no, se ha tenido en cuenta el capital que la empresa tiene disponible en ese mes y la estrategia de la empresa, por lo que las acciones que la empresa puede hacer mes a mes también van ligadas a estas variables. Con el capital acumulado calculado se han podido ir tomando decisiones mes a mes, las cuales afectaban o no a los gastos, y, en consecuencia, al capital acumulado.

$$\begin{aligned} \text{capi. al acumulado}_t &= \\ \text{capi. al acumulado}_{t-1} - ga\%o\% &\quad (10) \end{aligned}$$

- *Progresión de empleados contratados.*

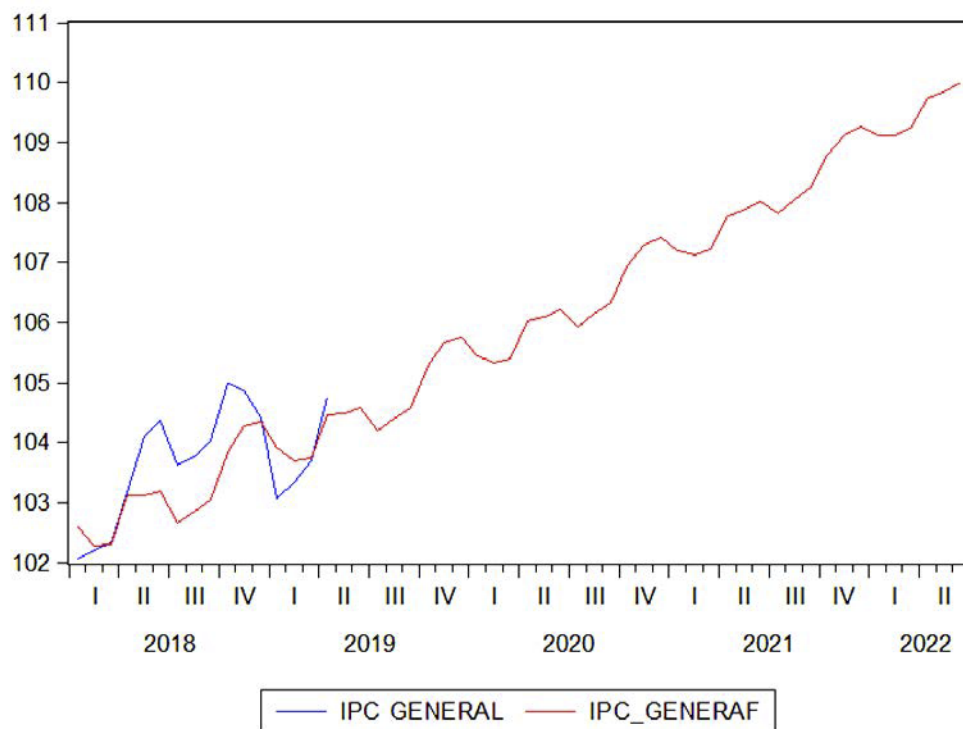
Para incluir en la estimación la subida salarial de los empleados contratados por la empresa, ha sido necesario plasmar el plan de retribución definido en el apartado 15.2, concretamente estimar la variación del IPC para poderlo aplicar en el cálculo de la subida. Como se disponen de datos del IPC de España mes a mes desde 2002 hasta abril de 2019 (MEE, 2019), es posible estimar los datos del IPC mediante un método de series temporales, que “es el resultado de observar los valores de una variable a lo largo del tiempo en intervalos regulares” (Peña, 2005).

Se ha utilizado el programa Eviews (IHS Markit, 2015) para poder estimar los datos, siguiendo el método de identificación de modelos de Box-Jenkins (Peña, 2005). En este método lo primero que hay que realizar es la identificación del modelo autorregresivo integrado de media móvil (ARIMA) que se elegirá mediante la metodología de criterios de información de Akaike (AIC), el cual devuelve el mejor modelo para la clase de datos que se disponen sobre el IPC. Este modelo definido

en la ecuación (11), ha sido calculado por el programa Eviews bajo las condiciones de periodicidad cada 12 meses, y permite predecir la tasa de crecimiento del IPC para los meses futuros, incluyendo en el modelo una parte regular y una parte estacionaria, al tener los datos del IPC una tendencia a que su valor dependa del mes considerado y se repita el patrón de forma constante en diferentes periodos de tiempo.

$$ARIMA\ i12,1,2o \times i0,1,1q_{12} \quad (11)$$

Siguiendo el método de Box-Jenkins, el siguiente paso es estimar con una confianza del 5% los meses futuros. En este caso, se hará la predicción hasta junio de 2022, que es la fecha en la que se consiguen tres años desde el inicio de la empresa. Aunque el modelo permite estimar la tasa de crecimiento del IPC, la estimación puede realizarse del propio valor del IPC a partir de los valores que devuelva el modelo. Se puede ver en la Gráfica 5 que los valores reales varían con respecto a los estimados, pero siguen la misma tendencia estacionaria mientras mantienen un crecimiento constante.



Gráfica 5. Comparación de los valores reales del IPC con los valores estimados.

Elaboración propia generada con Eviews (IHS Markit, 2015)

Nota: En azul, los datos reales del IPC. En rojo, los datos estimados.

Volviendo al modelo de estimación del escenario que se explica en este apartado, Una vez se disponen de los datos reales del IPC estimados para los meses futuros, se ha calculado la variación del IPC anual durante los meses posteriores al mes en el que se ajustaría el salario del empleado, lo cual ocurre cada seis meses. Esta

variación se ha calculado con la ecuación (12), siendo t un mes entre julio 2019 y junio 2022.

$$\Delta IPC_{estimado,t} = \frac{IPC_{estimado,t} - IPC_{estimado,t-1}}{IPC_{estimado,t-1}} \quad (12)$$

Recordando la definición del aumento de la remuneración del apartado 15.2, el aumento consistirá en un aumento según el incremento anual del IPC calculado en ese mes, con la adición de incentivos en un rango del 1 al 4% del salario anual según el éxito que tenga la aplicación y el desempeño colectivo durante los meses del periodo de evaluación. Para poder estimar el caso con mayores costes para la empresa, se ha calculado la bonificación por incentivos con un 4% de su salario, de forma que la ecuación con la que se ha calculado el aumento de la retribución es la (13), siendo t un mes entre julio 2019 y junio 2022.

$$\text{Salario}_{nuevo} = \text{Salario}_{ac,ual} \cdot (1 + \Delta IPC_{estimado,t} + 4\%) \quad (13)$$

La explicación de cada escenario se basará en las decisiones que se hayan tomado mes a mes a partir del capital estimado que tiene la empresa, decidiendo sobre los gastos y la cantidad de tiempo que tiene que pasar hasta acumular la cantidad de dinero necesaria para poder ejecutar cada decisión. Estas decisiones van desde el lanzamiento de la aplicación en varios países, contratación de *freelances* externos, contratación de empleados, compra de material y activos, compra de licencias, gasto en *marketing*, etc.

16.3. Escenario realista

El escenario realista se ha definido teniendo en cuenta que la mayoría de las variables que componen el modelo de estimación creado son subjetivas al carecer de datos estadísticos y objetivos de los aspectos de cada uno que sean aplicables para la herramienta de la empresa. Para evitar lo máximo posible ofrecer un escenario optimista, además de las explicaciones de cada una de las variables del modelo explicadas en el apartado anterior, se ha decidido estimar las instalaciones en base a la cantidad de países en los que la aplicación estaría disponible, fijando un número reducido de descargas mensuales. Es importante recordar que el número de instalaciones de la aplicación no es el número de usuarios activos de la aplicación ni el número de usuarios que pagan por ella, simplemente es la cantidad de personas que descargarían la aplicación a través de la tienda de Oculus.

La estimación del número de instalaciones correspondería en este caso a la estimación de la demanda que tendría la aplicación. Siguiendo la estrategia de expansión definida en el apartado 12.4, la aplicación comienza estando disponible en una versión preliminar cerrada a 10 usuarios, para después salir al mercado de España e ir lanzando la aplicación a otros países de Europa progresivamente hasta llegar a Estados Unidos. En la Tabla 25 se muestra la estimación de instalaciones de cada uno de los

países por cada mes del año, a tres años vista, que permite ver la evolución de la demanda de la aplicación mes a mes. Los incrementos del número de instalaciones están justificados por las acciones que se estima que se vayan realizando cada mes por la empresa, y se ven especialmente influenciadas por las acciones de *marketing*, destacando las campañas de Navidad, que se han estimado con un incremento de 10 ventas por país. El lanzamiento continuo de actualizaciones también se ha valorado a la hora de incrementar la demanda, a la vez que la incorporación de profesionales de modelado, que permitan mejorar la estética de la aplicación y atraer a más usuarios.

Como puede verse en la Tabla 25, desde el lanzamiento de la aplicación en las Oculus Quest en agosto de 2021, el número de instalaciones casi se duplica, porque las fuentes de ingresos aumentan. Se ha intentado estimar un descenso de la popularidad de las plataformas 3DOF a partir de marzo de 2021, cuando se cumplan 10 meses del lanzamiento de las Oculus Quest. Para contrarrestar este descenso de las ventas, se ha estimado que el lanzamiento de las Oculus Quest tiene que ser por estas fechas, eligiendo las acciones de la empresa y limitando sus gastos para conseguir esta estrategia. Por limitaciones económicas, se ha elegido el mes de agosto de 2021 para su lanzamiento, ya que antes hay que contratar al menos un programador y un modelador 3D dedicados totalmente a la aplicación, y se debe disponer de al menos el 70% de su salario en capital por políticas de la empresa, además de dejar pasar unos meses para desarrollarla. Estas acciones se pueden ver en la Tabla 26, donde se puede ver que la contratación de los empleados ha tenido que esperar a que el capital acumulado cumpla las limitaciones de su salario. De esta forma, el lanzamiento de la aplicación para las Oculus Quest se estima que contrarreste el descenso en ventas y que al menos aumente al mismo ritmo que desciende el mercado de las plataformas 3DOF, por efecto de sustitución. Es por este motivo que las instalaciones de la Tabla 25 se empiezan a estabilizar a partir de marzo de 2022.

El número de instalaciones influye directamente en los ingresos del mes, ya que el modelo permite estimar esta variable, para acabar con el valor del capital acumulado una vez se han restado los gastos de ese mes, los cuales pueden verse en la Tabla 27. En la Tabla 18 se pueden ver los ingresos estimados junto con el capital acumulado, que se obtiene tras restar los gastos del mes. Cada acción se ha elegido teniendo en cuenta el capital acumulado estimado que la empresa tiene disponible para gastar, y el capital a su vez se ve influenciado por las instalaciones, que dependen de las acciones que vaya realizando la empresa. Como se puede ver, cada mes una variable afecta a la siguiente, por lo que la estimación de las variables ha tenido que realizarse mes a mes, con el paso firme y crecimiento lento sin prisa que caracteriza a una empresa financiada por *bootstrapping*, que se puede ver reflejado en que ninguna de las estimaciones tiene un valor negativo, puesto que se crece al ritmo que la empresa puede crecer, sin gastar más dinero del que se dispone.

Tabla 25. Estimación de instalaciones por países en un escenario realista en los próximos tres años.

	MES	ES	GB	DE	FR	NL	SE	FI	CH	IT	PL	CZ	BE	US	INST.
1º CIERRE DEL EJERCICIO	Jul '19	10													10
	Ago '19	5													5
	Sep '19	10	5												15
	Oct '19	10	10	5	5	5									35
	Nov '19	10	10	10	10	10									50
	Dic '19	20	20	20	20	20									100
	Ene '20	10	10	10	10	10									50
	Feb '20	15	15	15	15	15									75
	Mar '20	15	15	15	15	15									75
	Abr '20	15	15	15	15	15									75
	May '20	15	15	15	15	15	5	5	5	5	5	5	5		110
	Jun '20	15	15	15	15	15	10	10	10	10	10	10	10	5·13	210
2º CIERRE DEL EJERCICIO	Jul '20	16	16	16	16	16	15	15	15	15	15	15	15	10·13	310
	Ago '20	16	16	16	16	16	15	15	15	15	15	15	15	15·13	375
	Sep '20	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16·13	375
	Oct '20	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18·13	400
	Nov '20	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18·13	400
	Dic '20	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28·13	700
	Ene '21	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18·13	450
	Feb '21	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18·13	450
	Mar '21	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18·13	450
	Abr '21	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17·13	425
	May '21	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17·13	425
	Jun '21	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17·13	425
	Jul '21	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17·13	425
	Ago '21	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27·13	675
	Sep '21	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27·13	675
	Oct '21	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28·13	700
	Nov '21	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28·13	700
	Dic '21	48	48	48	48	48	48	48	48	48	48	48	48	48·13	1200
	Ene '22	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28·13	700
	Feb '22	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29·13	725
	Mar '22	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30·13	750
	Abr '22	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30·13	750
	May '22	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30·13	750
	Jun '22	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30·13	750

Fuente: elaboración propia.

Nota: en amarillo las campañas de Navidad. Lanzamiento en Oculus Quest en agosto 2021.

Tabla 26. Previsión de ingresos, capital y acciones en un escenario realista los próximos tres años.

	MES	INGR.	CAP. ACUM.	ACCIONES
1º CIERRE DEL EJERCICIO	Jul '19	266,08 €	266,08 €	Prueba con 10 usuarios.
	Ago '19	275,98 €	532,05 €	Lanzamiento España y página web.
	Sep '19	305,68 €	618,73 €	Lanzamiento en UK.
	Oct '19	372,01 €	990,74 €	Lanzamiento en Alemania, Francia y P. Bajos.
	Nov '19	505,66 €	1.496,40 €	
	Dic '19	957,85 €	2.054,24 €	Campaña Navidad. Objetivo 200 descargas.
	Ene '20	641,29 €	2.695,53 €	Lanzamiento de actualizaciones.
	Feb '20	791,82 €	3.487,35 €	Fin de fundación sucesiva.
	Mar '20	727,56 €	3.295,92 €	
	Abr '20	796,86 €	3.292,78 €	Lanzamiento de actualizaciones.
	May '20	1.110,69 €	3.603,47 €	Lanzamiento en otros siete países de Europa.
	Jun '20	1.727,46 €	3.330,93 €	Lanzamiento en Estados Unidos.
2º CIERRE DEL EJERCICIO	Jul '20	2.863,82 €	6.194,75 €	Lanzamiento de actualizaciones.
	Ago '20	3.460,72 €	7.945,47 €	
	Sep '20	4.197,47 €	11.142,94 €	Lanzamiento de actualizaciones.
	Oct '20	5.089,09 €	14.532,04 €	
	Nov '20	5.877,16 €	20.409,20 €	Lanzamiento de actualizaciones.
	Dic '20	6.173,34 €	24.235,54 €	Campaña Navidad. Objetivo 2000 descargas.
	Ene '21	8.319,90 €	29.210,19 €	Primer empleado programador. >24.000€.
	Feb '21	8.958,59 €	33.123,54 €	
	Mar '21	10.208,82 €	39.387,11 €	Lanzamiento de actualizaciones.
	Abr '21	10.797,42 €	47.239,28 €	
	May '21	11.768,61 €	53.015,65 €	Lanzamiento de actualizaciones.
	Jun '21	13.394,89 €	59.338,21 €	Segundo empleado modelador. >47.000€.
	Jul '21	13.901,74 €	67.428,90 €	Lanzamiento de actualizaciones.
	Ago '21	16.936,35 €	77.646,19 €	Lanzamiento para Oculus Quest.
	Sep '21	18.589,75 €	89.024,87 €	Lanzamiento de actualizaciones.
	Oct '21	19.891,41 €	99.614,56 €	Dedicación total del socio. >76.000€.
	Nov '21	21.855,59 €	111.719,43 €	Lanzamiento de actualizaciones.
	Dic '21	20.593,60 €	117.737,82 €	Campaña navidad. Objetivo de 8000 descargas. Tercer empleado programador. >101.000€.
	Ene '22	26.371,46 €	131.588,59 €	Lanzamiento de actualizaciones.
	Feb '22	29.016,89 €	144.557,70 €	Cuarto empleado en marketing. >124.000€.
	Mar '22	32.166,99 €	160.676,92 €	Lanzamiento de actualizaciones.
	Abr '22	33.157,80 €	177.617,01 €	
	May '22	35.493,67 €	196.892,97 €	Lanzamiento de actualizaciones.
	Jun '22	39.640,03 €	220.035,36 €	

Fuente: elaboración propia.

Tabla 27. Gastos estimados por mes.

	MES	INGRESOS	APOYO DESARR.	APOYO. MARK.	SALARIO PROGRAM.	SALARIO MODELAD.	SALARIO SOCIO	SALARIO MARK.	GAFAS OCULUS	FACEBOOK ADS	DOMINIO WEB	ORDENA- DORES	GASTO TOTAL	CAPITAL ACUMULADO
1º CIERRE DEL EJERCICIO	Jul '19	266,08 €											0,00 €	266,08 €
	Ago '19	275,98 €									10,00 €		10,00 €	532,05 €
	Sep '19	305,68 €							219,00 €				219,00 €	618,73 €
	Oct '19	372,01 €											0,00 €	990,74 €
	Nov '19	505,66 €											0,00 €	1.496,40 €
	Dic '19	957,85 €								400,00 €			400,00 €	2.054,24 €
	Ene '20	641,29 €											0,00 €	2.695,53 €
	Feb '20	791,82 €											0,00 €	3.487,35 €
	Mar '20	727,56 €	700,00 €						219,00 €				919,00 €	3.295,92 €
	Abr '20	796,86 €		600,00 €						200,00 €			800,00 €	3.292,78 €
	May '20	1.110,69 €		600,00 €						200,00 €			800,00 €	3.603,47 €
	Jun '20	1.727,46 €	1.000,00 €	600,00 €						400,00 €			2.000,00 €	3.330,93 €
2º CIERRE DEL EJERCICIO	Jul '20	2.863,82 €											0,00 €	6.194,75 €
	Ago '20	3.460,72 €	1.700,00 €								10,00 €		1.710,00 €	7.945,47 €
	Sep '20	4.197,47 €		600,00 €						400,00 €			1.000,00 €	11.142,94 €
	Oct '20	5.089,09 €	1.700,00 €										1.700,00 €	14.532,04 €
	Nov '20	5.877,16 €											0,00 €	20.409,20 €
	Dic '20	6.173,34 €		600,00 €					449,00 €	400,00 €		898,00 €	2.347,00 €	24.235,54 €
	Ene '21	8.319,90 €			2.945,25 €					400,00 €			3.345,25 €	29.210,19 €
	Feb '21	8.958,59 €	1.700,00 €		2.945,25 €					400,00 €			5.045,25 €	33.123,54 €
	Mar '21	10.208,82 €		600,00 €	2.945,25 €					400,00 €			3.945,25 €	39.387,11 €
	Abr '21	10.797,42 €			2.945,25 €								2.945,25 €	47.239,28 €
	May '21	11.768,61 €	1.700,00 €		2.945,25 €				449,00 €			898,00 €	5.992,25 €	53.015,65 €
	Jun '21	13.394,89 €		600,00 €	2.945,25 €	2.727,08 €				800,00 €			7.072,33 €	59.338,21 €
	Jul '21	13.901,74 €			3.083,97 €	2.727,08 €							5.811,06 €	67.428,90 €
	Ago '21	16.936,35 €			3.083,97 €	2.727,08 €					10,00 €	898,00 €	6.719,06 €	77.646,19 €
	Sep '21	18.589,75 €		600,00 €	3.083,97 €	2.727,08 €				800,00 €			7.211,06 €	89.024,87 €
	Oct '21	19.891,41 €			3.083,97 €	2.727,08 €	3.490,67 €						9.301,72 €	99.614,56 €
	Nov '21	21.855,59 €			3.083,97 €	2.727,08 €	3.490,67 €		449,00 €				9.750,72 €	111.719,43 €
	Dic '21	20.593,60 €		600,00 €	6.029,22 €	2.855,31 €	3.490,67 €			1.600,00 €			14.575,21 €	117.737,82 €
	Ene '22	26.371,46 €			6.174,71 €	2.855,31 €	3.490,67 €						12.520,69 €	131.588,59 €
	Feb '22	29.016,89 €			6.174,71 €	2.855,31 €	3.490,67 €	2.727,08 €		800,00 €			16.047,78 €	144.557,70 €
	Mar '22	32.166,99 €			6.174,71 €	2.855,31 €	3.490,67 €	2.727,08 €		800,00 €			16.047,78 €	160.676,92 €
	Abr '22	33.157,80 €			6.174,71 €	2.855,31 €	3.660,60 €	2.727,08 €		800,00 €			16.217,71 €	177.617,01 €
	May '22	35.493,67 €			6.174,71 €	2.855,31 €	3.660,60 €	2.727,08 €		800,00 €			16.217,71 €	196.892,97 €
	Jun '22	39.640,03 €			6.316,85 €	2.993,11 €	3.660,60 €	2.727,08 €		800,00 €	10,00 €		16.497,64 €	220.035,36 €

Fuente: elaboración propia.

Como puede verse en la Tabla 18, la empresa cerraría su primer ejercicio con 3.330,93€ de capital estimados, lo que permitiría estimar que la formación sucesiva terminaría en el primer año y que la sociedad limitada estaría formada. Los ingresos permitirían externalizar tareas a profesionales *freelance* y pequeñas inversiones en publicidad durante este primer año, además del cumplimiento de la estrategia de expansión de distribución internacional de la empresa. Para el cierre del segundo ejercicio, la empresa cerraría con 59.338,21€, un buen crecimiento en comparación con su primer año, derivado de la ampliación de la cobertura de distribución a los países con mayor actividad en desarrollo de realidad virtual. En este segundo año, la campaña de Navidad tiene más capacidad de gasto, por lo que se puede conseguir un mayor efecto en las instalaciones conseguidas. Se cerraría el ejercicio con los dos primeros empleados de la empresa, dedicados al desarrollo de la aplicación para las Oculus Quest, con vísperas de lanzamiento en el siguiente ejercicio. El tercer ejercicio se estima con un cierre del ejercicio de 220.035,36€, un valor prometedor, que implica que en tres años la empresa puede llegar a crecer mucho. En este año se conseguiría el lanzamiento de la aplicación para las Oculus Quest, a tiempo de contrarrestar una posible pérdida de mercado de las plataformas en las que inicialmente se encontraría disponible Bóveda. El socio podría dedicarse completamente a la empresa, dejando su trabajo estable y por tanto la financiación por *bootstrapping*. Llegados a este punto el socio tendría que evaluar qué otras formas de financiación pueden aplicar, pero a tres años vista no es viable tenerlas en cuenta, y menos para una empresa que todavía no ha salido al mercado. También se ha supuesto una mayor capacidad de gasto en anuncios y un aumento del equipo, incluyendo el primer perfil de *marketing* de la empresa.

Las acciones de la Tabla 26, si bien no dejan de ser estimaciones, pueden servir para poder tener una medida del rendimiento de la empresa al poder compararlo con el rendimiento que se esperaba de ella. Por ejemplo, se han definido objetivos en las campañas de Navidad de descargas acumuladas a modo de hitos, para poder tener una medida que permita saber si se están consiguiendo las expectativas o hay que realizar algunas acciones adicionales para potenciarlas. En definitiva, esta estimación puede tomarse como un rendimiento ideal sin ser optimista, que la empresa incluso puede tener en cuenta a la hora de aplicar decisiones o correcciones en caso de desviarse del rumbo mostrado en este plan de acción.

En cuanto a los gastos que restan los ingresos, se ha intentado actuar a la hora de decidir si estimar o no un gasto igual que se actuaría en una situación real, es decir, se gastará dinero si se dispone de la cantidad suficiente para poder hacerlo, evitando tener resultados negativos. En la Tabla 27 se puede ver que la estimación de los gastos tiene en cuenta en todo momento la capacidad de gasto de la empresa, por ejemplo, se gasta el dinero justo y necesario en anuncios, por mucho que cuanto más dinero se ponga sea mejor para las ventas. Lo mismo se aplica para la contratación de empleados. El lanzamiento de la aplicación en las Oculus Quest podría hacerse antes de tiempo y sería ideal, pero si no se dispone del dinero suficiente para proveer al personal de la empresa de un trabajo estable y de los materiales que necesita para su labor, no se va a poder contratar a nadie.

Los materiales que se han tenido en cuenta para el desarrollo de la aplicación es un ordenador y las gafas de realidad virtual, ya que son los materiales de costes más significativos que puede tener, ya que estimar el gasto en papelería u otros costes por el estilo no es significativo en este modelo. El precio del ordenador se ha escogido buscando online uno de la marca MSI con buenas condiciones de rendimiento y potencia gráfica, necesarias para poder trabajar con aplicaciones en realidad virtual de forma eficiente, cuya página de venta se muestra en la Figura 78. Las gafas que se van a adquirir inicialmente son unas Oculus Go en septiembre de 2019 por el precio de 219,00€ (Oculus, 2019a), porque ya se disponen de unas Samsung Gear VR, que son en las que se ha desarrollado el prototipo de la aplicación actual. Se adquirirán otras para proporcionárselas al desarrollador *freelance* en caso de que no disponga de ellas. Adquirir una de estas gafas permitirá adaptar la aplicación a esta plataforma y acelerar el desarrollo al no tener que depender de un teléfono para utilizarlas. La adquisición de las gafas Oculus Quest se hará en el mes anterior a la contratación del empleado para asegurarse el cumplimiento de la limitación de capital por su salario en el mes de su contratación. El precio de estas gafas es de 449,00€ (Oculus, 2019b).

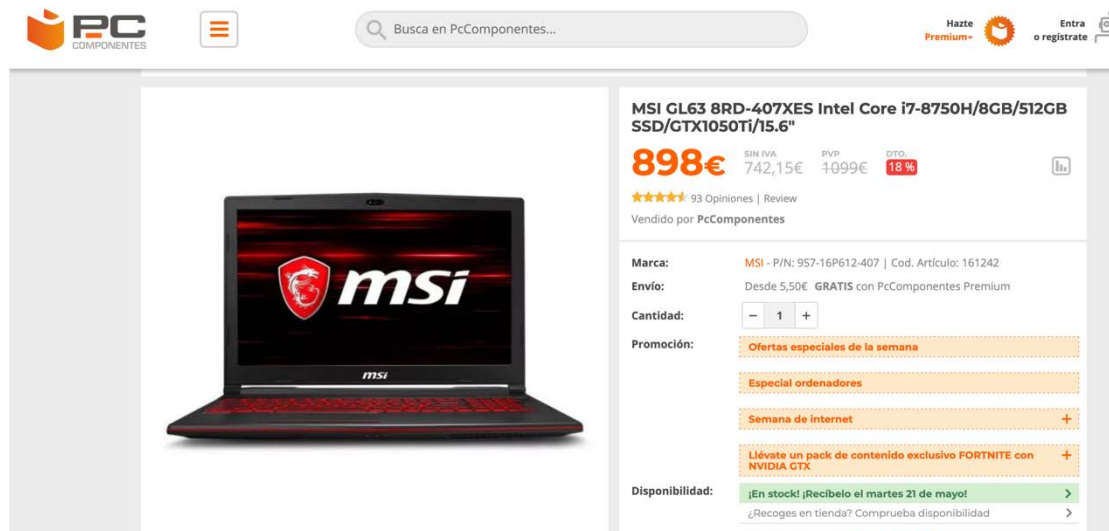


Figura 78. Precio de ordenador MSI. (PcComponentes, 2019)

Como estaba previsto, hasta la contratación de empleados se ha utilizado apoyo al desarrollo de la aplicación por parte de *freelances* programadores y modeladores 3D. El precio de su contrato por obra y servicio se ha estimado de forma orientativa a los precios que se pueden encontrar en Fiverr, una red de profesionales *freelance* cuyos precios se pueden consultar *a priori*, con la posibilidad de ver lo que incluye su servicio y la experiencia que tiene cada uno. En base a esto, se ha buscado un profesional programador, cuyo trabajo de una buena calidad ronde los 1.000€, como wsdt97 (2019). En el caso del modelador 3D, se ha buscado un profesional con buenos conocimientos especialmente en VR cuyo trabajo ronde los 700€, como davinmr (2019). Tal y como se explicó en el apartado 14.1, los planes de *marketing* pasarán a hacerlos especialistas en su elaboración en el momento en que se tenga dinero para poder contratar esta clase de servicios. Para la realización de planes de *marketing*, los profesionales *freelance* ofrecen sus servicios en un amplio rango de precios, pero existen profesionales con buena calidad y puntuaciones que ofrecen estos planes a 600€ aproximadamente, como marthadata (2019), que es

un precio que se puede pagar si el plan de acción va a ser más fiable. Para el caso del *freelance* de *marketing*, se ha proporcionado una dotación a gastos por anuncios de Facebook Ads para que el profesional pueda establecer su plan en base a este presupuesto, tanto para el plan de tres meses como para las campañas de Navidad. El profesional de *marketing* se estima que estará muy presente en abril, mayo y junio de 2019 por los sucesivos lanzamientos que se harán de la aplicación en los distintos países planificados.

En cuanto a los salarios de los empleados contratados, se ha fijado un salario inicial para cada tipo de perfil, que irá aumentando cada seis meses según vaya promocionando. Los salarios se han puesto un poco más elevados que lo que se puede encontrar para un perfil entre junior y senior en el mercado, y se han ajustado para que el coste que supone al tener en cuenta la cotización que la empresa tiene que soportar (ver Tabla 28) no supongan un gasto inasumible para la empresa. En la Tabla 29 se muestran los salarios anuales iniciales que se ha decidido fijar para los empleados, el cálculo del coste que supone para la empresa y el cálculo de la cantidad de capital acumulado que tiene que estar disponible para gastar para poderse permitir pagar al menos el 70% del coste anual del trabajador.

Tabla 28. Cálculo del porcentaje de cotización total a cargo de la empresa.

PARTIDAS	COTIZACIÓN
Contingencias comunes	23,60%
Desempleo	5,50%
Accidentes de trabajo y enfermedades profesionales (oficina)	1,00%
Formación profesional	0,6%
Fondo de Garantía Salarial	0,20%
Cotización total a cargo de la empresa	30,90%

Fuente: Pascualena (2017).

Nota: se ha supuesto que el perfil del puesto de trabajo es un trabajo de oficina.

Tabla 29. Salarios de cada perfil de empleado, con costes y capital mínimo necesario.

PERFIL	SALARIO ANUAL	COSTE PARA LA EMPRESA	MÍNIMO CAPITAL PARA CONTRATAR
Programador	27.000,00 €	35.343,00 €	24.740,10 €
Modelador	25.000,00 €	32.725,00 €	22.907,50 €
Socio	32.000,00 €	41.888,00 €	29.321,60 €
<i>Marketing</i>	25.000,00 €	32.725,00 €	22.907,50 €

Fuente: elaboración propia.

Por ultimo, aunque en la estimación no es muy significativo dada su magnitud, se ha tenido en cuenta el pago por el dominio de la página web de la empresa, con un precio de 10,00€, que permite reservar una dirección online para acceder a ella y almacenar todo su contenido, incluido el trámite de pagos y el blog de la empresa. Es por ello por lo que la página web es de las primeras acciones que se estima que se realice en el inicio de la actividad de la empresa, ya que sin página web, no podrán existir suscripciones. Es por ello por lo que su lanzamiento se ha estimado en agosto de 2019 (ver Tabla 26), con el pago del dominio en el mismo mes y cada año a partir de ese momento (ver Tabla 27).

16.3.1. Análisis del flujo de caja

En base a la estimación realizada es posible generar una cuenta de pérdidas y ganancias donde agrupar todos los conceptos contables para posteriormente hacer un análisis de los indicadores de valor que puedan ser interesantes a la hora de analizar aspectos económicos del negocio. La cuenta de pérdidas y ganancias se muestra en la Tabla 30.

Tabla 30. Cuenta de pérdidas y ganancias estimada por año.

	2020	2021	2022	TOTAL
Ingresos	8.478,94 €	91.109,83 €	307.615,27 €	407.204,04 €
Coste de ventas	- €	- €	- €	- €
Margen bruto	8.478,94 €	91.109,83 €	307.615,27 €	407.204,04 €
Gastos de personal	- €	(26.701,74) €	(180.591,04) €	(207.292,77) €
Otros gastos de explotación	(4.102,56) €	(10.413,31) €	(7.401,74) €	(21.917,60) €
Amortización del inmovilizado	(3,66) €	(22,44) €	(11,22) €	(37,32) €
Costes operativos	(4.106,21) €	(37.137,50) €	(188.003,99) €	(229.247,70) €
Resultado de explotación	4.372,73 €	53.972,33 €	119.611,29 €	177.956,34 €
Resultado financiero	- €	- €	- €	- €
Resultado antes de impuestos	4.372,73 €	53.972,33 €	119.611,29 €	177.956,34 €
Impuestos sobre beneficios	(656,46) €	(8.566,61) €	(29.905,63) €	(39.128,70) €
Resultado del ejercicio	3.716,27 €	45.405,72 €	89.705,66 €	138.827,65 €

Fuente: elaboración propia.

A través de la cuenta de resultados se puede ver lo saneada que se estima que esté la empresa en cuanto a deuda, ya que se carece totalmente de ella para poder financiar la empresa. Además, no existen costes de ventas ya que los servicios elegidos son gratuitos y la distribución de una aplicación es sencilla. Los costes de la empresa que se han estimado son fijos, y se puede ver como siempre se encuentran por debajo de los ingresos, siguiendo los principios de la financiación por *bootstrapping*. Para el tercer cierre del ejercicio, los costes de personal supondrán un 77% de los costes que tendrá la empresa, siendo los costes por impuestos los siguientes grandes costes con un 15%, con el 8% restante para el resto de los gastos de explotación.

Al carecer la estimación inicial del impuesto de sociedades, se puede ver aquí que el resultado del ejercicio es menor que el que se había previsto anteriormente, ya que se ha aplicado un 15% de este impuesto por ser empresa nueva que se mantiene por dos años y un 25% en el tercer ejercicio, desembolsados en abril de cada año. Aún así, los resultados del ejercicio muestran un buen rendimiento de la empresa.

Los flujos de caja se pueden analizar directamente desde esta cuenta de resultados al no disponer de deuda ni de reparto de dividendos la empresa. Todo beneficio generado

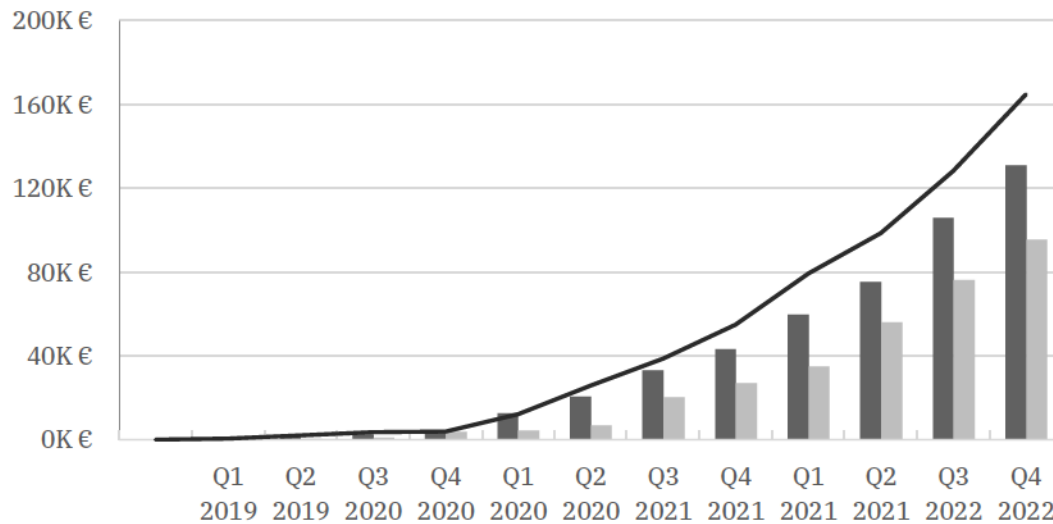
por la empresa será reinvertido en esta para poder financiar las acciones que requiera para seguir mejorando. En la Tabla 31 se puede ver que los flujos de caja son prácticamente idénticos al resultado operativo y que el crecimiento de las reservas permitirá el crecimiento de la actividad de la empresa en gran medida especialmente a partir del tercer cierre del ejercicio.

Tabla 31. Flujos de caja estimados por año.

	2020	2021	2022
Amortizaciones	3,66 €	22,44 €	11,22 €
Resultado del ejercicio	3.716,27 €	45.405,72 €	89.705,66 €
Flujo de caja libre	3.719,93 €	45.428,16 €	89.716,88 €
Reservas acumuladas	3.726,27 €	49.131,99 €	138.837,65 €

Fuente: elaboración propia.

Analizando el crecimiento de la Gráfica 6 por cuatrimestres se puede observar con mayor detalle el efecto acumulativo de los ingresos provocados por el modelo de suscripción. En el primer año de la empresa, el crecimiento no es notable, dado que permanece en formación y no se producen los lanzamientos hasta el final del año. El aumento en publicidad y en apoyo hace mejorar a la empresa en su segundo año de actividad, en el que se puede apreciar un crecimiento constante. A partir del tercer año, con el lanzamiento de la aplicación en las Oculus Quest, los ingresos aumentan su ritmo de crecimiento, aunque sigue siendo constante por el estimado descenso del uso de las plataformas 3DOF. También es notable el margen entre costes y reservas, cada vez más creciente a partir del segundo año.



Gráfica 6. Flujo de caja estimado por cuatrimestres. Elaboración propia.

16.3.2. Análisis del punto muerto

Con el análisis del punto muerto se puede tener una referencia del número de suscripciones que hay que mantener para evitar tener pérdidas. Aunque la gestión económica de la empresa no pretende gastar más del dinero que se dispone, puede servir como medida de la empresa para ver si se están cumpliendo las previsiones, o si llegado el momento hay que hacer más esfuerzos en *marketing* para corregir una falta de ventas. El análisis del punto muerto, por tanto, se hará manteniendo constantes los gastos y las acciones que la empresa tiene estimadas en este escenario, para hallar el número de suscripciones que se deben alcanzar para tener beneficio en la empresa. Al no tener la empresa costes variables estimados, el punto muerto es una simple división entre el total de costes de la empresa y el precio de la suscripción. Como existen tres modelos de suscripción y se ha estimado un porcentaje de elección de cada una, se puede hallar un precio medio ponderado que dividirá al total de costes para hallar el punto muerto de cada año, cuyo cálculo se puede ver en la ecuación (14).

$$prec_{ponderado} = 10,90€ \cdot 70\% + 29,43€ \cdot 20\% + 52,32€ \cdot 10\% = 18,75€ \quad (14)$$

El punto muerto de la empresa se puede ver en la Tabla 32, que en comparación con las ventas que se han estimado, se puede ver que existe un margen hasta llegar a las pérdidas.

Tabla 32. Punto muerto estimado por años.

	2020	2021	2022
PUNTO MUERTO	254	2.438	11.623
VENTAS ESTIMADAS	412	6.316	22.467

Fuente: elaboración propia.

16.3.3. Análisis de viabilidad

El cálculo del valor actual neto (VAN) permite tener un indicador de la viabilidad del proyecto a corto y largo plazo. El VAN calcula la rentabilidad del proyecto desde el punto de vista de la inversión, teniendo en cuenta su desembolso inicial y el valor actual que tienen los flujos de caja futuros que puede proporcionar, descontándolos a una tasa de descuento equivalente al coste de oportunidad de invertir en este proyecto y no en otros. Dado que el proyecto se considera de riesgo, se tomará como tasa de descuento una tasa del 10%, lo cual permitirá realizar el cálculo sin ser optimistas, ya que la mayoría de las inversiones en fondos de riesgo medio tienen rentabilidades igual o por debajo de esa cifra.

Tomando como inversión inicial los costes de formación de la empresa calculados en el apartado 12.2, el cálculo del VAN se muestra en la Tabla 33. El resultado es positivo, mostrando que el proyecto tiene una rentabilidad por encima de la mínima que comenzaría el nivel de riesgo asumido.

Tabla 33. Cálculo del valor actual neto del proyecto.

	INICIO	2020	2021	2022
Flujos de caja netos	-251,30 €	3.716,27 €	45.405,72 €	89.705,66 €
Tipo de interés		10%	10%	10%
Flujos descontados	-251,30 €	3.378,43 €	37.525,39 €	67.397,19 €
VAN				108.049,71 €

Fuente: elaboración propia.

Si se calcula la tasa interna de rentabilidad del proyecto (TIR), se obtiene una tasa de 2222,84%, seguramente relacionado a que el proyecto estima una gran cantidad de dinero a cambio de un desembolso inicial muy pequeño en comparación. Dado que los inicios de la empresa serán prácticamente gratuitos quitando el coste de formar la sociedad, es normal que el proyecto sea matemáticamente rentable. Como se explicaba en el apartado 16.1, el verdadero coste de la financiación de esta empresa está en la implicación del socio para poder lanzar la aplicación y comenzar a ganar suscriptores, lo cual se hace de forma gratuita mientras obtiene ingresos de otro trabajo.

16.4. Escenario optimista

Dado que no se puede acceder a ayudas ni subvenciones públicas, no se valorarán otras vías de obtención de ayudas privadas, ya que implican un concurso, incubadoras o la inserción de inversores en la empresa que de momento no se desean. El escenario optimista que se plantea en este apartado debería basarse únicamente en el número de instalaciones de la aplicación, que si viera incrementado su número de descargas se obtendrían mayores beneficios mensuales, lo que aceleraría la estrategia de la empresa. El escenario más optimista posible sería poder desarrollar la aplicación para las plataformas 3DOF este mismo año, y lanzar en 2020 la versión para las Oculus Quest, lo que implicaría comenzar su desarrollo a principios de ese mismo año. Al disponer de menos tiempo para su desarrollo, el reconocimiento de la marca podría ser menor, pero a la vez se dispondrá de mayor capacidad para invertir en publicidad y conseguir notoriedad de marca más rápido. Disponer de más dinero permitirá poder recompensar mejor a los usuarios que prueben la aplicación, con lo que se obtendría una mayor participación y, por tanto, mayor *feedback* de mejora de la aplicación, por lo que la diferencia de calidad sería significativa con respecto a no disponer de esta capacidad de gasto. Disponer de un tiempo de desarrollo menor permitirá tener más libertad para dedicar tiempo a la asistencia de eventos relacionados con la realidad virtual que permitan aumentar el conocimiento de la marca y las redes personales de los empleados de Bóveda.

Como la estimación del escenario realista incluye sesgos inevitables debido al ausencia de datos relevantes para este sector, desarrollar un escenario más optimista solamente creará mayores sesgos que quitarán validez a la estimación, y aunque puedan ser analizados, no podrían tomarse en serio. Por este motivo, no se desarrollará este escenario, ya que el escenario realista podría considerarse incluso optimista, aunque se haya intentado que no sea así.

16.5. Escenario pesimista

Para estimar este escenario se han modificado los parámetros del modelo de estimación, empeorándolos para reflejar unas condiciones de la empresa en la que no se consigue retener a los clientes ni un nivel alto de descargas, con un crecimiento lento de la empresa como consecuencia. Como en el modelo de financiación por *bootstrapping* no se gastará más de lo que se puede disponer, se ha tenido en cuenta un gran ahorro en costes y una mayor implicación por parte del socio, tanto por ahorro de personal de apoyo en programación y *marketing*, como por una mayor aportación mensual de su salario, necesaria para poder contrarrestar la bajada del número de instalaciones estimado, fijado en un 20% del salario que el socio gana al mes constante durante los tres años estimados. El cambio en los parámetros del modelo se muestra en la Tabla 34.

Tabla 34. Comparación de parámetros del modelo de estimación para un escenario realista y pesimista.

PARÁMETRO	REALISTA	PESIMISTA
Probabilidad de desinstalación	15%	30%
Probabilidad inicial de suscripción	20%	20%
Aumento mensual de probabilidad de suscripción	1%	0,50%
Probabilidad inicial de cancelación	60%	70%
Disminución mensual de probabilidad de cancelación	1%	1%
Probabilidad de cancelación mínima	40%	50%

Fuente: elaboración propia.

Para definir el número de instalaciones se ha reducido tanto su número total por países como su crecimiento, aumentando los periodos en los que el número de descargas parece invariable. Además, se ha acentuado el efecto de retardo en el lanzamiento de las aplicaciones en cada país, por lo que no se considerará un efecto global de conocimiento de la marca, sino que está más restringido. Como las decisiones del lanzamiento de la aplicación afectan al número de instalaciones del modelo, se ha tenido que definir a la vez que se estimaban las acciones que se podrían ir realizando mes a mes, igual que se hizo con el escenario realista. En la Tabla 35 se muestra la estimación del número de instalaciones, variable independiente del modelo de estimación. Como se puede ver, el crecimiento en descargas es más lento que el del escenario realista: el lanzamiento en Estados Unidos no se realiza hasta el segundo ejercicio y el lanzamiento de la versión de Oculus se retrasa a finales del tercer ejercicio.

Tabla 35. Estimación de inst. por países en un escenario pesimista y realista en los próximos tres años.

	MES	ES	GB	DE	FR	NL	SE	FI	CH	IT	PL	CZ	BE	US	INST.	REA.
1º CIERRE DEL EJERCICIO	Jul '19	10													10	10
	Ago '19	5													5	5
	Sep '19	5	5												10	15
	Oct '19	5	5	5	5	5									25	35
	Nov '19	10	5	5	5	5									30	50
	Dic '19	10	10	5	5	5									85	100
	Ene '20	10	10	10	10	10									50	50
	Feb '20	10	10	10	10	10									50	75
	Mar '20	12	10	10	10	10									52	75
	Abr '20	12	12	10	10	10									54	75
	May '20	12	12	12	12	12									60	110
	Jun '20	12	12	12	12	12									60	210
2º CIERRE DEL EJERCICIO	Jul '20	14	12	12	12	12									62	310
	Ago '20	14	14	12	12	12	5	5	5	5	5	5	5		99	375
	Sep '20	14	14	14	14	14	5	5	5	5	5	5	5		105	375
	Oct '20	14	14	14	14	14	5	5	5	5	5	5	5		105	400
	Nov '20	16	14	14	14	14	10	10	10	10	10	10	10	5·13	207	400
	Dic '20	16	16	14	14	14	10	10	10	10	10	10	10	5·13	339	700
	Ene '21	16	16	16	16	16	10	10	10	10	10	10	10	5·13	215	450
	Feb '21	16	16	16	16	16	10	10	10	10	10	10	10	10·13	280	450
	Mar '21	17	16	16	16	16	12	12	12	12	12	12	12	10·13	295	450
	Abr '21	17	17	16	16	16	12	12	12	12	12	12	12	10·13	296	425
	May '21	17	17	17	17	17	12	12	12	12	12	12	12	10·13	299	425
	Jun '21	17	17	17	17	17	12	12	12	12	12	12	12	12·13	325	425
	Jul '21	18	17	17	17	17	14	14	14	14	14	14	14	12·13	340	425
	Ago '21	18	18	17	17	17	14	14	14	14	14	14	14	12·13	341	675
	Sep '21	18	18	18	18	18	14	14	14	14	14	14	14	12·13	344	675
	Oct '21	18	18	18	18	18	14	14	14	14	14	14	14	14·13	370	700
	Nov '21	18	18	18	18	18	16	16	16	16	16	16	16	14·13	384	700
	Dic '21	17	18	18	18	18	16	16	16	16	16	16	16	14·13	513	1200
	Ene '22	17	17	18	18	18	16	16	16	16	16	16	16	14·13	382	700
	Feb '22	17	17	17	17	17	16	16	16	16	16	16	16	16·13	405	725
	Mar '22	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	16·13	532	750
	Abr '22	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	16·13	532	750
	May '22	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	16·13	532	750
	Jun '22	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27·13	675	750

Fuente: elaboración propia.

Nota: en amarillo las campañas de Navidad. Lanzamiento en Oculus Quest en marzo 2022.

Durante la estimación de las acciones que la empresa puede realizar no se ha variado la estrategia de la empresa, manteniendo una postura paciente en el cumplimiento de sus objetivos. La aportación salarial mensual fijada en un 20% durante los tres años de la empresa ha permitido adelantar cinco meses el lanzamiento de la aplicación en las Oculus Quest, para aprovechar la novedad lo máximo posible. Sin embargo, no ha podido estimarse que pueda estar lista antes del tercer ejercicio, por lo que será inevitable que su lanzamiento sea más tarde de lo deseado. Esto se debe al recorte en gastos que ha tenido que realizarse en apoyo, siendo el socio el que tendrá que realizar las tareas de programación de la aplicación en sus inicios, apoyándose únicamente en modeladores 3D hasta que se disponga de suficiente dinero para permitirse contratar ayuda en programación, especialmente cuando la aplicación esté distribuida en todos los países planificados, donde habrá más carga de trabajo. El menor crecimiento de la empresa permite aumentar el periodo entre planes de actuación de *marketing*, lo que reduce también sus costes, pasando de un plan cada tres meses a uno cada seis.

Las condiciones salariales también se han visto afectadas, tanto en cantidad como en estabilidad. Dado que será necesario disponer de personal para avanzar con la creación de la aplicación para Oculus Quest, no se puede mantener el salario ni el porcentaje mínimo de salario en reservas, ya que, aunque pueda llegar a contratarse a un empleado a tiempo, se tardaría mucho en contratarse al siguiendo empleado, por lo que el empleado podría llegar a sentirse solo por demasiado tiempo y no se desea que esto ocurra. Por esto, se ha fijado el porcentaje mínimo de salario en reservas en un 50%, para proveer estabilidad al empleado al menos de 6 meses. El salario de los empleados en este escenario pesimista se muestra en la Tabla 36.

Tabla 36. Comparación de salarios del escenario pesimista con el optimista.

PERFIL	SALARIO ANUAL OPTIMISTA	SALARIO ANUAL PESIMISTA	COSTE PARA LA EMPRESA	MÍNIMO CAPITAL PARA CONTRATAR
Programador	27.000,00 €	26.000,00 €	34.034,00 €	17.017,00 €
Modelador	25.000,00 €	24.000,00 €	31.416,00 €	15.708,00 €
Socio	32.000,00 €	29.000,00 €	37.961,00 €	18.980,50 €
<i>Marketing</i>	25.000,00 €	23.000,00 €	30.107,00 €	15.053,50 €

Fuente: elaboración propia.

Nota: el coste y el capital mínimo corresponden al salario pesimista.

Los gastos del modelo se han mantenido constantes debido a que está justificada la elección del precio de estos (ver apartado 16.3), por lo que el coste en anuncios, ordenadores, gafas y contratación de profesionales *freelance* mantienen el mismo precio. Las acciones que se estima que la empresa pueda realizar mes a mes junto con los ingresos estimados se muestra en la Tabla 37.

Tabla 37. Previsión de ingresos, capital y acciones en un escenario pesimista los próximos tres años.

	MES	INGR.	CAP. ACUM.	ACCIONES
1º CIERRE DEL EJERCICIO	Jul '19	266,08 €	266,08 €	Prueba con 10 usuarios.
	Ago '19	275,98 €	532,05 €	Lanzamiento España y página web.
	Sep '19	295,78 €	608,83 €	Lanzamiento en UK.
	Oct '19	315,58 €	924,41 €	Lanzamiento en Alemania, Francia y P. Bajos.
	Nov '19	335,38 €	1.259,79 €	
	Dic '19	796,25 €	1.656,03 €	Campaña Navidad. Objetivo de 100 descargas.
	Ene '20	441,31 €	2.097,34 €	Lanzamiento de actualizaciones.
	Feb '20	505,71 €	2.603,05 €	
	Mar '20	572,04 €	3.175,10 €	
	Abr '20	601,74 €	3.776,84 €	Fin de fundación sucesiva.
	May '20	715,59 €	3.792,43 €	
	Jun '20	829,44 €	4.621,88 €	
2º CIERRE DEL EJERCICIO	Jul '20	1.256,45 €	5.078,33 €	Lanzamiento de actualizaciones.
	Ago '20	1.001,65 €	6.079,98 €	Lanzamiento en otros siete países de Europa.
	Sep '20	1.142,09 €	7.222,07 €	
	Oct '20	1.311,04 €	7.733,11 €	Lanzamiento de actualizaciones.
	Nov '20	1.844,05 €	8.567,16 €	Lanzamiento en Estados Unidos.
	Dic '20	1.951,49 €	9.418,64 €	Campaña Navidad. Objetivo de 1000 descargas.
	Ene '21	2.712,86 €	12.131,51 €	
	Feb '21	2.799,98 €	13.231,49 €	Lanzamiento de actualizaciones.
	Mar '21	3.220,72 €	16.452,21 €	
	Abr '21	3.412,56 €	19.864,76 €	Lanzamiento de actualizaciones.
	May '21	3.955,38 €	21.473,14 €	Primer empleado programador. >17.000€.
	Jun '21	4.535,26 €	21.472,23 €	
	Jul '21	4.717,29 €	23.353,36 €	Lanzamiento de actualizaciones.
	Ago '21	5.665,67 €	26.182,86 €	
	Sep '21	5.690,48 €	27.337,18 €	Lanzamiento de actualizaciones.
	Oct '21	6.131,93 €	30.632,95 €	
	Nov '21	6.876,40 €	33.263,19 €	Lanzamiento de actualizaciones.
	Dic '21	6.010,19 €	34.156,63 €	Campaña navidad. Objetivo de 5000 descargas.
	Ene '22	7.867,21 €	36.436,09 €	Segundo empleado modelador. >47.000€.
	Feb '22	9.078,64 €	38.526,97 €	Lanzamiento de actualizaciones.
	Mar '22	9.774,71 €	42.713,93 €	Lanzamiento para Oculus Quest.
	Abr '22	10.249,95 €	47.376,14 €	
	May '22	11.147,02 €	51.535,41 €	Lanzamiento de actualizaciones.
	Jun '22	12.905,19 €	55.549,33 €	Dedicación total del socio. >51.000€.

Fuente: elaboración propia.

Como se puede ver en la Tabla 37, el fin de la fundación sucesiva de la empresa se alcanzaría dos meses más tarde que en el escenario realista, en abril del 2020, lo que retrasaría la posibilidad de gastar en profesionales *freelance* y *marketing*. Debido al ahorro en gasto de contratación de programadores, el lanzamiento de la aplicación en el resto de los países de Europa y Estados Unidos se vería retrasado ya que será necesario solucionar los fallos que hubieran podido ocurrir en el lanzamiento de los países previos y añadir mejoras. Este trabajo solo lo podrá realizar el socio mientras compagina su trabajo estable, con el apoyo de modeladores 3D *freelance* para mejorar la estética de la aplicación y de *marketing* para el desarrollo de planes de actuación.

La campaña de navidad aumenta ligeramente las descargas y permite ir cumpliendo los objetivos propuestos, más ajustados que en el escenario realista debido al crecimiento más lento de este escenario. No es hasta cuando se lanza la aplicación en Estados Unidos que los ingresos comienzan a crecer a un mayor ritmo, permitiendo la contratación del primer empleado a finales del segundo ejercicio. En esta estimación, solo ha sido posible contratar a dos empleados, los necesarios para poder lanzar la aplicación en las Oculus Quest, estimado a finales del tercer ejercicio.

La dedicación total del socio sigue siendo viable al final del tercer ejercicio, aunque esto requiere que el socio aguante tres años aportando un salario mensual constante que puede repercutir en su vida privada, sumado al sobreesfuerzo que tiene que hacer para desarrollar la aplicación en comparación con el escenario realista. Por tanto, el socio podría llegar a vivir de su empresa en tres años en un escenario pesimista en el caso de que pudiera mantener el nivel de esfuerzo estimado para sacarla adelante.

En cuanto a la viabilidad del proyecto en este escenario, el pequeño desembolso inicial en comparación con la capacidad de ingresos de la empresa sigue manteniendo viable este proyecto, aunque el escenario sea pesimista, una vez más, porque el modelo de financiación escogido reduce las posibilidades de gastar más de lo que se gana.

16.5.1. Plan de contingencia

En este apartado se recogen los principales riesgos que puede tener la empresa en el desarrollo de su actividad y soluciones posibles a cada uno de los casos, con el fin de que la empresa tenga un procesamiento al cual recurrir en caso de que uno de estos se cumpla, adoptando una postura proactiva a la gestión de riesgos.

- *Perder a un empleado valioso.*

Disponer del mejor personal para el desarrollo de la aplicación es esencial para conseguir su éxito, y como ya se indicó en el apartado 15, se cuidará mucho la selección de los empleados. En el caso de que un empleado quiera abandonar la empresa y su rendimiento e implicación con la empresa sean buenos, deberá hacerse lo posible para que cambie de opinión. Se deberá revisar su salario para poder ofrecer una contraoferta, retribuciones indirectas, formación, mejoras en sus condiciones laborales, etc. Todo ello sin perjudicar al resto de empleados de la empresa.

- *Contratar a un empleado inadecuado.*
Puede darse el caso que la persona contratada no tenga el rendimiento ni la implicación necesarias para desarrollar la aplicación. En este caso, se evitará el despido como medida principal, hablando con el empleado para intentar ver qué problemas existen y como se pueden mejorar. En el caso de desobedecer o realizar faltas graves, se dará dos avisos como máximo hasta ejecutar el despido del empleado., en base a las restricciones legales que estén vigentes en ese momento. En periodo mínimo de un mes el empleado deberá abandonar la empresa, dando ese margen al empleado para que pueda buscar otro trabajo.
- *Suscripciones por debajo de las estimadas.*
Las estimaciones serán necesarias a lo largo de la vida de la empresa y en caso de ocurrir una sobreestimación, deberán ajustarse las variables adecuadas y los planes de acción pertinentes, además de valorar una redistribución de los gastos de la empresa en vista a un empeoramiento del escenario.
- *Aparición de competencia directa.*
Como hasta ahora no existe una aplicación del estilo en plataformas 3DOF y el producto es imitable, esta amenaza debe estar presente en todo momento. En caso de producirse habrá que ajustar los planes de *marketing* en activo en ese momento y comenzar una estrategia de diferenciación de producto, realizando investigación con usuarios para descubrir aquellas funcionalidades que más necesitan y que pueden ser diferenciales a la hora de elegir Bóveda frente a la competencia.
- *Pérdida del trabajo estable del socio.*
En caso de no tener la sociedad con responsabilidad limitada, el socio tendrá que asegurarse de que al menos un 20% del beneficio del ejercicio de aporte a las reservas de la empresa, obteniendo el dinero de las suscripciones de la aplicación o de las fuentes que pueda tener a su alcance. En caso de disponer suficiente dinero la empresa como para aportar un salario al socio, se le contratará para recibir cantidades de dinero directamente de la empresa en el tiempo en que tarda en conseguir otro empleo que pueda permitir seguir financiando la empresa.
- *Incapacidad del socio.*
En este caso, los familiares más directos del socio, sus padres, recibirán la titularidad de la empresa y su capacidad de gestión.
- *Falta de financiación suficiente.*
Si la redistribución de los gastos no es posible, y no es viable esperar a disponer de más capital, se podrá valorar la solicitud de un préstamo a un banco para disponer de liquidez inmediata y que pueda pagarse en unas condiciones que la situación de la empresa pueda permitirse.
- *Aplicación no aprobada por Oculus.*
Como se explicó en el apartado 14.5, puede darse el caso de que la tienda de aplicaciones rechace distribuir la aplicación porque no se adapte a los criterios de calidad mínimos que exigen. Aunque en el desarrollo se tendrán muy presentes escritos criterios y se revisarán a conciencia antes de enviar la aplicación a revisión, su rechazo

puede ocurrir. En caso de que ocurra, se tendrán que revisar aquellos aspectos que no haya aprobado la aplicación, plantear los rediseños necesarios, contratación de personal de apoyo, y una planificación de los plazos de lanzamiento de la aplicación para tener en cuenta el retraso estimado que este rechazo puede suponer.

17. Conclusiones

Este proyecto se ha desarrollado de la forma más realista posible, intentando que todas las decisiones de diseño y desarrollo del producto y de la empresa quedaran debidamente justificadas y se adaptaran a la situación real del proyecto y del socio.

La realización de este proyecto ha permitido crear un producto que tiene potencial en el mercado si se acaba realizando, ya que se ha conseguido con éxito crear un producto de valor para los clientes que ha tenido en cuenta sus necesidades desde el principio y que tras las primeras pruebas con usuarios ha sido recibido con muy buenas valoraciones. La metodología de trabajo elegida, *Design Thinking*, ha permitido que esto sea posible, sentando las bases y las recomendaciones para poder desarrollar un producto innovador y centrado en el usuario final.

El diseño del prototipo ha permitido aumentar el conocimiento en realidad virtual, un sector en crecimiento con buena previsión de futuro, por lo que es un conocimiento valioso que permitirá utilizarlo en más situaciones aparte de este proyecto, especialmente a nivel profesional. El diseño de interacción en realidad virtual tiene muchas variables que tener en cuenta, y este proyecto ha servido no solo para conocerlas, sino para identificar problemas que son consecuencia de las limitaciones que supone desarrollar en plataformas con tres grados de libertad, en las que la interacción está mucho más restringida, tanto por número de botones de los controladores como por movimientos que el usuario puede hacer. Uno de los desafíos de este proyecto era conseguir crear una alternativa a la altura de la competencia dentro de las limitaciones que estas plataformas tenían, y, aunque todavía sea un prototipo, en varios aspectos ya supera al resto de herramientas.

El desarrollo del prototipo ha permitido conocer cómo programar en C# y cómo programar aplicaciones en el motor gráfico de Unity, utilizando el kit de desarrollo de Oculus. El conocimiento que se disponía al principio de este proyecto sobre estos puntos era nulo, y tras el desarrollo del prototipo durante seis meses se ha conseguido tener una buena base que permitirá continuar con el desarrollo de esta aplicación y con las futuras que puedan surgir. El resultado de la implementación ha sido bueno, aunque se hayan identificado en las pruebas de usuario ciertos problemas que pueden ser solucionados fácilmente.

La viabilidad del producto es positiva, debido a que desde el principio ha sido concebido como un proyecto paralelo al trabajo del socio, por lo que su realización ha sido totalmente gratuita y los ingresos que se estiman con la venta del producto solo pueden generar beneficios. El único gasto al que habría que hacer frente en un principio sería a la formación de la sociedad, la cual se ha planeado hacer mediante formación sucesiva,

una alternativa a las fundaciones comunes que evita tener que desembolsar 3.000 euros de capital mínimo que exigen las sociedades limitadas, adaptándose al poder adquisitivo del socio.

Se ha formado un plan de negocio definido en todos sus aspectos teniendo en cuenta que no se dispone de grandes cantidades de dinero para poder formar una empresa, donde cada una de las decisiones que se han tomado han sido en base a la condición de que el socio deberá dedicarse al proyecto mientras mantiene un trabajo estable que permita financiar a la empresa. Esto fuerza a trabajar remotamente tanto con los profesionales de apoyo *freelance* que se contratan, como con los empleados de la empresa, por lo que se han tenido que definir aquellos puntos clave que hay que tener en cuenta para gestionar un equipo virtual. Además, se ha definido una cultura de empresa que está presente en todos los aspectos de la empresa, especialmente en las decisiones de *marketing*, recursos humanos y en el aspecto socioeconómico, donde el principal objetivo de la empresa es poder invertir en conocimiento.

En este trabajo se han podido aplicar muchos de los conocimientos adquiridos en las dos carreras a las que pone fin. Por una parte, los conocimientos de Ingeniería Informática han permitido identificar lo que los usuarios querían, analizar la información recopilada para descubrir los problemas y plantear soluciones reales, las cuales tendrían que desarrollarse en un ámbito nuevo que no se había experimentado hasta ahora. Los conocimientos de esta carrera han permitido enfrentarse sin problema a un nuevo lenguaje de programación, unos nuevos paradigmas de interacción, un motor gráfico y unos dispositivos diferentes a los utilizados en la carrera. En cuanto a la carrera de Administración de Empresas, en este proyecto se han tenido en cuenta todas las áreas estudiadas en la carrera en lo relativo a Economía, Estadística, Recursos Humanos, Estrategia, *Marketing* y Finanzas, a excepción de la Contabilidad, ya que al tratarse de una estimación realista no se ha podido tener en cuenta.

18. Trabajos futuros

A futuro convendrá estudiar otras alternativas al menú radial sobre el mando, ya que, aunque la interacción ha sido correcta y bien recibida, la posición del mando ha producido problemas ergonómicos que tienen que solucionarse. También habrá que estudiar qué otras funcionalidades pueden ser útiles para los usuarios una vez utilicen la aplicación, además de desarrollar el resto de las funcionalidades que faltan por implementar definidas en este proyecto.

En cuanto a nivel empresa, será necesario crear un repositorio de datos que permita generar estimaciones más fiables y que permitan comparar los resultados estimados con los resultados reales.

Abstract

In 1990, David Kelley and Tim Brown of the international design consultancy IDEO began to conceive Design Thinking to those processes and ideas that were being applied in the different design processes that were carried out in different areas of the industry. This ideology states that a practical, user-centered approach to problem-solving can lead to innovation, and innovation can lead to differentiation and competitive advantage (Sarah Gibbons, 2016). Since this ideology was determined, it has been applied in all design processes regardless of the field in which it is worked and has evolved along with the most modern work methodologies. It is an ideology that is currently integrated into companies and schools, and also any designer applies it, even unconsciously: everything that is designed is done with the person who will use the product in mind, the user.

This methodology is divided into six parts: empathize, define, ideate, prototype, test and implement. As the first three phases are being made, the product is defined, starting with an analysis of what exists in the market and what the users need, defining those functionalities that the designed product must have, and going through a rain of ideas that ends up converging to shape the product. It is after this phase when the ideas need to be brought to reality, when the designs are compiled and a prototype is created with which to be able to see beyond the current design and test if the product adapts to what the user needs, besides being usable. A prototype is defined as a limited representation of a design that allows the user to interact with it and explore if it is adequate (Preece, Rogers, y Sharp, 2011). Prototypes are necessary because by materializing ideas into something tangible, the product is better understood and discussion is generated, both to obtain good and bad comments, which allow fine-tuning the design and choosing between different alternatives. In addition, it makes it possible to experiment efficiently, whether by time, money or effort.

Currently, there are prototyping tools for most of the technological areas that exist in the market. For example, in the case of digital design, there are tools such as Axure that allow generating navigable and interactive prototypes of webs or mobile applications that wish to be designed, or any device that has a screen. In the case of industrial design, the TinkerCAD tool allows prototyping three-dimensional designs quickly and printing the models on a 3D printer. The principal characteristic of these tools is the simplicity with which can generate an approximation to the real product without the need to actually implement it, saving costs and time when evaluating whether a design is correct or not. Also, the generation of these prototypes can be done by a person who does not need to know the technology on which the product is based. For example, a digital designer can prototype a screen of a mobile application without having programming knowledge of any kind, and for that reason, the prototype will not be worse.

Given the short lifespan of virtual reality, the existing prototyping tools are insufficient and do not have the versatility that the tools of other technological branches have, both because of the lifespan and because of the limited technology currently available.

There are tools that allow prototyping with advanced functionalities directly in virtual reality, but these tools are only available for the most powerful headsets and they are accessible only to those users who are willing to pay the large sum of money required by these headsets, both for the cost of the headsets themselves as per the powerful computer they require. For headsets meant for the average consumer, these tools are not available, and those that exist are so simple that they end up being useless except for one or two cases for which they were designed. That's why, currently, developers and designers of virtual reality content are forced to learn the technology on which it is based virtual reality to make prototypes, with the costs of time, money and effort that generates. Here is the first problem of the design in virtual reality: there are no tools for headsets oriented to the average consumer that allows generating a prototype in a simple way that the fidelity level measures up to the prototypes of the other technological areas, or that offers a minimum of functionality to be able to use it professionally. The grace of the prototypes is to save costs and be more agile when designing, since making any change to a prototype does not take even half the effort to change something that is already implemented. It does not make sense that in order to make a prototype, it is spent so much or so difficult to do it because it goes against the very idea of prototyping. A prototype should not be expensive or difficult to do and learn, let alone be limited to the highest ranges of devices.

On the other hand, virtual reality development needs to rely on digital content creation tools, either in two dimensions such as Adobe Photoshop or in three dimensions, such as Maya. These tools provide with textures, character models, furniture, scenarios, design elements of the interface, and also can also be used to achieve a certain level of prototyping, but they are still tools that are designed to generate content that will be seen on a flat screen, so to make a prototype with them would be missing a lot of details that design in virtual reality - or immersive design - need to take into account and that through a screen is not going to perceive, such as the size of the elements and the hit areas, legibility of texts, colors ... This is where the second problem of virtual reality design lies: the immersive content prototyping should be done immersively.

From what has been contemplated until now, the present work will be carried out in order to present a virtual reality prototyping tool that solves the mentioned problems, to develop a first version of the application within the scope that this project allows and to realize a plan of business that allows profitability to the application and assess its viability, creating a company dedicated to this application.

The Design Thinking methodology has been chosen to carry out this work since the objective is to sell a product, and this product must be valuable for the end users. If a user-centered methodology is not used, anyone could define many features that would contribute much to the product, but the risk of ending up with a product that nobody wants will make everything in vain, and this risk is high no matter how much this methodology is used, but it reduces this risk. On the other hand, this methodology brings benefits to the two parties involved in this work: users, when creating a product based on their needs and with them in mind at all times; and the business, by helping to bring innovation to the product and finding competitive advantages that can be used to differentiate itself from the competition that the product may have. In addition, this work focuses more on the design of the product and the business than on the more technical

aspects of its implementation, so it is a methodology correct for the objectives of this work. Next, we will advance through all phases of the methodology for the design and development of the product object of this work.

Problem exposition

To begin the Empathize phase of Design Thinking it is necessary to define the target users of the product to be developed. Failure to do so would waste resources investigating aspects that are not relevant to the product, in addition to that it may lack personalization and not solve the problems that users actually have. For the definition of people that can be used for the design of this project, four virtual reality designers were interviewed for 30 minutes separately. The interviewees are designers working for the same company, two with two years of experience in virtual reality (36 and 29 years), one with more than one year of experience (27 years) and another with less than one year (24 years). Two types of people have been defined based on the observations extracted from these interviews.

In order to obtain a global vision of the state of the art and of the competitors, it is convenient to perform a benchmarking on the products that exist in the market. The products will be analyzed following criteria common to all of them, which will allow them to be evaluated later and to establish a final comparison on which to draw conclusions that can be used during subsequent design phases. In this case, the products to analyze will be those that allow designing or prototyping for virtual reality in an immersive way, that means that does not need any other device except virtual reality headsets to perform its function. Four tools were analyzed:

- Sketchbox: it is a tool specifically designed to make prototypes in an immersive way, that is, to be able to design directly from within virtual reality with the headsets on. It offers a large number of features that allow prototypes of any kind, and integration with third-party applications that make it a very versatile tool when designing, even allowing collaborative editing of the same project at the same time. It is the only competition that the application to develop would have.
- StoryboardVR: is another immersive prototyping application in virtual reality developed by Artefact, a design and innovation consultancy in the United States. Born from a secondary project of two employees of the company, Storyboard VR allows generating scenes using imported images and figures placing them where the designer wants, being able to change between scenes so that the flow of the user experience can be tested. It is currently discontinued, so it is not competition.
- Moment: is an application of virtual reality prototyping in an immersive manner aimed at virtual and augmented reality designers. The application is currently in closed beta, which means that, in addition to being an application that is not a final product, its use is limited to a set of users that are selected after a process carried out by the founders themselves, in addition to being an application that is not a final product. For this reason, there is not as much online information about

the operation of the application as with other tools. It is not considered competition for being more than a year without news.

- Tvorì: is an application designed for the creation of 3D animations in virtual reality, so that, creating a scene and the characters as a puppet, the user is able to move their bodies and video record the movement or take photos. The application stands out for its graphics section, with a simple and cheerful tone. It is the most successful application of all, but it is not considered a Bóveda's competence since it is not specifically for prototyping.

Once the Benchmarking is done, we have a better vision of the state of the tools of the competition and the acceptance by the users of these, in addition to some conclusions that can help in future phases of the design.

Finally, thanks to the observations of the clients interviewed, the product's value proposition has been created, in which those aspects of the users that are interesting to create a product with value are collected. Observations have been collected that have allowed to define the profile of the client, specifying the work he does, his frustrations and joys. On the other hand, the characteristics of the product that could satisfy the needs of the clients have been defined, specifying those created with satisfaction and relieve frustrations. Thanks to the value proposition it has been possible to specify the problems that users have, and from these the possible solutions that the application to develop aims to solve will be considered.

Definition and ideation of solutions

In this phase have been listed all the ideas of functionalities that could solve the problems of users, where for each problem they have tried to offer several alternatives that solve them.

If the client needs to prototype their designs, then the tool should put at their disposal a series of basic and advanced tools that allow them to have the necessary versatility to prototype any design. Here we have included the functionalities of inserting 2D shapes, 3D shapes, texts, user images, Google Poly 3D models, labels on objects, movement and scaling of objects, color personalization, copying and pasting elements, management of several scenes, possibility of undoing and redoing changes, changing the environment of the scene with a 360° image, moving freely around the scene, grouping objects, scaling in Google *ddm* units, dictation of voice to text and voice commands with IBM Watson. If the client wants to test the accessibility of their designs, then more precise personalization of sizes and colors will be made available to them.

If the client needs to be able to teach his prototype, then it will be necessary to facilitate that other people can use the prototype freely without fear of dislocating it. Here we have included the possibility of previewing the scene, deactivating the possibility of making changes, being able to make interactive elements and changing the way of interacting with them, both with the pointer of the control and by the look.

If the client wants to take into account sizes and distances, then he will be provided with guides that he can use as a reference when he makes the prototype. Here it is proposed to show a grid that allows having references for the size of the surrounding objects and the distance to which they are located, and an ergonomic guide based on the work of Alger (2015) that allows the designer to identify areas where it is recommended to place interface elements and areas where it is most uncomfortable for the user.

If the client wants to be efficient, then they will be provided with integrations with other tools that accelerate their workflow, such as cloud storage services. In addition, if the client wants the application to be integrated with the tools he uses in his day to day, then mechanisms must be provided so that he does not have to manage other programs that he does not know in order to use the application. The integration with design programs such as Sketch or prototyping programs such as Marvel is proposed.

Prototyping

Not all the functionalities defined above will be included in the prototype of the application, but the vast majority. A priority analysis of the proposed functionalities has been done in order to know which ones make sense in a first phase and which ones in a second phase, given the time constraints of the project. In order to do so, the value that it provides for customers and the competitive advantage it represents with respect to the competition have been analyzed based on the difficulty and time of implementation. Based on this, the functionalities of movement and scaling of objects, ergonomic and scale guides, insertion of 2D shapes, 3D, text, images, Google Poly models, a preview of the prototype, dictation have been left for the first phase of the prototype. from voice to text and integration with the Marvel prototyping tool. These will be the functionalities that will be implemented in this project and that have been defined as their scope. They will be developed in a Samsung Gear VR headset.

Once the functionalities of the scope have been defined, the creation of the information architecture is necessary in order to organize all the functionalities of the application in a clear and intuitive way. It has been investigated on types of menus that may be applicable to the application, and it has been decided to finally opt for radial menus, which base their operation on the motor memory of the fingers and is supported by the touch panel that provides the command of the headsets. The main drawback of these menus is their unfamiliarity, as it directly penalizes the learning curve of these menus compared to other more common ones such as linear ones. A linear menu is easy to learn for users because it is a type of menu present in multiple interfaces, and the radial menu is rarely used for this reason, although empirical studies show that its use is better than other types of menus in many ways. These menus are becoming more popular with the use of touch surfaces for taking advantage of their gestural capabilities. The design can directly affect the familiarity of a type of interaction by establishing a consistent interaction at all points of the user's experience. Establishing this type of menu as the only way to interact with the application will allow a consistent interaction in the application and improve the user's learning facility, by not facing different types of interaction during the use of the application. Once the operation is understood, the rest of the interactions will work in the same way and the result of the actions will be expected.

After deciding which control buttons perform what actions, the defined information architecture was used to create the navigation of the application through radial menus, paying special attention to the order in which the different options of the menus are shown.

Subsequently, for each of the functionalities have been defined the flows of operation of the same, and the wireframes of those that contain a user interface. It has also defined a design system that will be applied to the entire interface of the application and that will streamline its design and development, defining the design guides to use, colors, typography, icons, and components. The lighting of the application and the shape of the scene have also been defined.

Implementation

Since there are no tools available to prototype this application, the prototypes had to be implemented at the same time as they were being designed. Normally, following the Design Thinking methodology, the implementation should be done after testing the prototypes with the users, but given the characteristics of the project, this phase has had to be done before. The prototype implementation has been carried out for 6 months using the Unity program. For each one of the designed functionalities, it has been explained how its implementation has been done. There have been difficulties during development that have also been identified in this work, also explaining the solutions that have been raised.

Test

Once the prototype was implemented, users were tested by five designers to see if the application was well suited to their needs and if they found value in it. The results were very positive given the high scores of the respondents to the different aspects of the application. They were very participative and offered improvements so that the application will end up being of their liking. Most of the problems that were identified in the tests have been implementation problems, so they have been compiled to be corrected in later iterations. The main conclusion that was obtained from these tests is that users see great value in this application, especially because it is designed to be integrated into their workflow and not to be an obstacle.

Business plan

Before proceeding to decide on specific aspects of the company, it is necessary to carry out an investigation of the sector in which the company would find itself, analyzing the micro-environment, the macro-environment and the life cycle of the sector. This allows developing a SWOT analysis with which one can have a vision of the current state of the company and conclusions can be drawn about where the strategy should be oriented to strengthen the weaknesses and avoid the threats while taking advantage of the opportunities and strengths that the company and the product already have.

Once identified the strengths and weaknesses of the company and the threats and opportunities of the sector, it will be possible to define the strategy that must be carried out to achieve its objectives. Since there is only one partner that forms the company, the legal form will be a single-member limited liability company, with limited liability to the assets owned by the company. As the partner does not have sufficient purchasing power to be able to form the company, the formation of this will have to be in successive formation, a type of foundation of limited liability companies that allows paying little by little the minimum capital required for the company to be founded. Taking into account all the necessary aspects to create the company, it can be created by spending only € 251.30, compared to the 3,000 of initial capital that was required added to the rest of the costs. The limited liability will take effect as soon as the company achieves to accumulate sufficient capital to cover the minimum capital so that staff expenses will not be incurred until this is achieved.

The competitive strategy of Porter that the company will have will be a specialist, within the virtual reality software sector, and in an even more specific market segment, which is the 3DOF platform design applications. In addition, the profile of the end user is a designer of experiences and applications in virtual reality, so the orientation of the company is a specialization towards the final consumer. According to Kotler (2012), the niche specialist knows his target market so well that is able to satisfy needs better than the companies that serve that same niche by chance. The Design Thinking methodology and the values of the company have the user at the center of everything, so this type of approach fits very well with this competing role. If the company is interested in one or a few niches, a dominant position in the market can be obtained without the competition being able to attack. In this case, the competition company Sketchbox is not available in the platforms in which Bóveda is, so it cannot exercise a direct attack unless it invests in generating an application for these platforms, although it does not seem interested. This lack of direct competition favors the establishment of the price towards more favorable values for the margins of the company. As the niche may not always last, the company will have to be prepared for the expansion into the niche of the 6DOF platforms, specifically, the Oculus Quest, predicted as the sales leader in its launch year, developing a version of the application for this platform when sufficient capabilities are available.

One of the main advantages of the application is that it is available on those platforms that have a lower price in the market and that average consumers can afford. The competition is not satisfying this set of users, so an intense influence in this platforms is needed at the beginning to be used by more and more users, especially those who use it in a professional manner, since it will allow the tool to gain a foothold within its design process to be the only tool that is in these low-priced platforms. As the vision of the company is to become an essential tool to be able to design in virtual reality, influencing this set of users will allow both the tool and the brand to gain weight and importance in the market.

The corporate strategy that the company will be growth, specifically towards product development since it is a type of Ansoff strategy that occurs in existing markets with the sale of new products. At the beginning, all income from the application will go directly to the company's equity with the purpose of being able to reinvest it at some time, and it

is expected to get the 3,000 euros of minimum capital as soon as possible, either with periodic contributions from the salary of the partner, for the benefits of purchases or for grants or subsidies obtained. Following this strategy, the first will be to finish the first version of the application and have a stable format that can be used freely by users without errors, going through a closed beta with interested users, and once polished the application with a base of controlled users, will be published only in Spain, to distribute the application to a large number of users, but still controlled. This way a lot of comments or errors that are impossible to manage by a person or a small team can be avoided. On the other hand, organizations that try to enter new markets should first address a specific niche and not the entire market (Kotler, 2012).

The expansion to countries in Europe will be made to those countries that have more production activity in virtual reality (XR Association, 2017), starting with the United Kingdom, Germany, France and the Netherlands, followed by the rest of the countries with less activity such as Sweden, Finland, Switzerland, Italy, Poland, Czech Republic or Belgium. After expanding through these countries, the application will be distributed to the United States. As the company obtains capital, it will start counting on the outsourcing of freelance professionals of 3D modeling, programming, and marketing. It will evaluate hiring professionals to be part of the company when the capital allows maintaining a salary every month for all workers. When this can be achieved, all workers, including the partner, will receive a salary according to market conditions and the contribution of the company's shares will be evaluated as the first workers to join, since salaries may not be able to be paid as big as is required. The objective is that the people who integrate it can dedicate themselves in the future to this tool and do not have to depend on other jobs to support themselves financially.

The mission of the company is that everyone can see and share what they have in mind. The investment in knowledge is an aspect of positioning that the company wants to fulfill, and is to be able to promote the creation and testing of experiences and applications in virtual reality by any person interested so that better applications are obtained and the entire sector of virtual reality is benefited by this. To achieve this goal, there is no option but to offer the tool for free. As the inclusion of ads in virtual reality can be very intrusive and it's not expected to have a lot of people using the application at the same time, there will be no ads to finance the free version. Of course, not all functionalities in this version will be offered, only those basic functionalities that allow any person to test and materialize their ideas, having to pay a subscription to the application for users who wish to access the rest of the functionalities.

The chosen monetization model is the monthly, quarterly and semi-annual subscription so that users can pay for what they need in the time they consider necessary. This model of subscription in comparison to the single payment model has as the advantage of having the possibility of obtaining recurring income, important to maintain a good economic performance in the company, since the income will enter month to month and will increase more and more as the income from new subscriptions with those from the renewal of previous subscriptions.

The application will be distributed through the Oculus Store, which provides official applications to both Oculus Go and Samsung Gear VR, which provides the ability to reach all the headsets that access the store, which is incorporated by default in each and every one of the headsets. In addition, the Store offers lists made by the editors that group the best applications or new recommended applications so that curious users can locate it more easily. The Oculus Store has the disadvantage that Oculus receives 30% of the price of the application for applications that handle the payment in the store itself (Oculus, 2019d). For this reason, the payments of the application will be made through the official website, which will go directly to the income of the company. In addition, the Oculus Store does not allow to manage subscriptions at the moment, so this payment method requires to do it like this anyway. This causes that a user cannot pay at the time and have to leave the application to go to the official website but will not be a greater impediment if the user wants to subscribe, but it is an aspect to take into account. The application, therefore, will be downloaded for free and may be used freely, offering the user to log in with an account that informs if the user has an active subscription or not.

To obtain funding for this company, the partner will not use own capital, because he does not have enough to be able to start a business; the partner neither will use capital of friends and acquaintances, because he does not want to add tensions in the personal relationships and avoid starting with debts; and the partner neither will accept external investors, because he does not want to lose decision power in the company, in addition to these investors provide money but with the condition of reimbursing the money invested and more, which is achieved most of the time with the sale of the company, which is not among the Bóveda's plans right now. This application was born as a project parallel to the work of the partner, and its own nature has led to the development of a product that has gradually adapted to the needs of users, without any cost or remuneration for the time spent. The partner has survived economically thanks to a stable job provided by another company, and that allows him to obtain a monthly salary with which to satisfy his consumption and savings needs. Using the monthly salary to finance a company without external funding is known as bootstrapping, in which the company always remains in the background in terms of dedication, but not in terms of effort. Carrying out this type of financing is not easy, it requires more personal effort than dedicating oneself fully to the company itself, spending the leisure time to dedicate it to the company, while part of the monthly salary goes directly to the capital of the company. Bootstrapping, therefore, is the most realistic financing alternative that can be managed with the economic conditions of the partner and is adapted to the needs of the company.

As this is a company in which the partner keeps his job to finance the growth of his company with the money he gets from his salary, the compatibility between the partner and the rest of the workers is a determining factor when deciding which is the way of working. The dedication of the partner to the company will be in his free time, but the employees of the company should be able to have a normal work schedule and not subject totally to the availability of the partner. This means that the employees cannot work at the same time and the work has to be planned in advance so that each of the members has a clear idea of what to do during the day and they also know what the rest of them have to do. In addition, one of the values of the company is "freedom and responsibility: everyone is free to be able to organize their work while things go ahead, maintaining

responsibility with the rest of the people and with the product". As work does not have to be done at the same time, the need to have a physical workspace practically disappears. All the aspects mentioned above justify the formation of a virtual team for the development of the application. Key points have to be taken into account to be able to constitute an effective virtual team when enough capital is available to hire employees.

Conclusions

It is estimated that this company will provide a large amount of money in exchange for a very small payment in comparison. Since the beginnings of the company will be practically free by removing the cost of forming the company, it is normal that the project is mathematically profitable. The real cost of financing this company is in the involvement of the partner to launch the application and start earning subscribers, which is done for free while earning income from other work.

This project has been developed in the most realistic way possible, trying to make all the design and development decisions of the product and the company duly justified and adapted to the real situation of the project and the partner.

The realization of this project has allowed to create a product that has potential in the market if it ends up being made, since it has been successful to create a product of value for the clients that have taken into account their needs from the beginning and after the first tests the users has been received it with very good ratings. The chosen work methodology, Design Thinking, has allowed this to be possible, setting the foundations and recommendations to be able to develop an innovative product focused on the end user.

The design of the prototype has made it possible to increase knowledge in virtual reality, a growing sector with good foresight, which is a valuable knowledge that will allow it to be used in more situations apart from this project, especially at a professional level. The interaction design in virtual reality has many variables to take into account, and this project has helped not only to know them, but also to identify problems that are a consequence of the limitations of developing platforms with three degrees of freedom, in which interaction is much more restricted, both by the number of buttons on the controllers and by movements that the user can make. One of the challenges of this project was to create an alternative up to the competition within the limitations that these platforms had, and, although it is still a prototype, in several aspects it already surpasses the other tools.

The development of the prototype has allowed us to know how to program in C # and how to program applications in the Unity graphics engine, using the Oculus development kit. The knowledge that was available at the beginning of this project on these points was nil, and after the development of the prototype for six months it has been possible to have a good foundation that will allow continuing with the development of this application and with future ones that may arise. The result of the implementation has been good, although certain problems that can be easily solved have been identified in the user tests.

Referencias

- AEVI (2019). El código PEGI. Recuperado de <http://www.aevi.org.es/documentacion/el-codigo-peg/>.
- Ahuja, S. (2018). Duro ventures careers, funding and management team. Recuperado de <https://angel.co/durovc>.
- Alger, M. (2015). Visual design methods for virtual reality. *Ravensbourne*. Recuperado de http://aperturesciencellc.com/vr/VisualDesignMethodsforVR_MikeAlger.pdf.
- Artefact (17 marzo, 2017a). *Creating a project in storyboard VR*. [Archivo de vídeo]. Recuperado de <https://vimeo.com/208893223>.
- Artefact (2017b). Storyboard VR user guide. Recuperado de <https://www.artefactgroup.com/wp-content/uploads/2018/12/Storyboard-VR-User-Manual.pdf>.
- Artefact (2018). Storyboard VR. Recuperado de <https://www.artefactgroup.com/case-studies/storyboard-vr/>.
- Brooke, J. (1996). SUS-A quick and dirty usability scale. *Usability Evaluation in Industry*, 189(194), 4-7.
- Brown, T., y Kätz, B. (2019). *Change by design*. Nueva York: Harper Collins Publ.
- Budiu, R. (2016). Expandable menus: Pull-down, square, or pie?. Recuperado de <https://www.nngroup.com/articles/expandable-menus/>.
- Button, C., Davids, K., y Bennett, S. (2008). *Dynamics of skill acquisition: A constraints-led approach*. Champaign, IL, US: Human Kinetics.
- Callahan, J., Hopkins, D., Weiser, M., y Shneiderman, B. (1988). *An empirical comparison of pie vs. linear menus*. Comunicación presentada en Conference on Human Factors in Computing Systems. Recuperado de <http://doi.acm.org/10.1145/57167.57182>.
- Casper, J. (4 enero, 2019). *Lightning: A VR story - 360*. [Archivo de vídeo]. Recuperado de <https://www.youtube.com/watch?v=4fK4UlhKoT8>.

- Cronin, B. (1 enero, 2015). The hierarchy of needs in virtual reality development. Recuperado de <https://medium.com/@beaucronin/the-hierarchy-of-needs-in-virtual-reality-development-4333a4833acc>.
- Dam, M. (2017). Happy daughter. Recuperado de https://unsplash.com/photos/mEZ3PoFGs_k.
- davinmr (2019). I will do 3d model, animating and rendering. Recuperado de <https://www.fiverr.com/davinmr/do-3d-model-animating-and-rendering>.
- Digital Catapult (2018). Growing VR/AR companies in the UK. Recuperado de <https://www.pwc.co.uk/intelligent-digital/vr/growing-vr-ar-companies-in-the-uk.pdf>.
- Dropbox (2019). Acerca de. Recuperado de <https://www.dropbox.com/about>.
- Fiani, H. (2019). 2D sprite outline. Recuperado de <https://assetstore.unity.com/packages/vfx/shaders/2d-sprite-outline-109669>.
- Figma (2019). Figma: The collaborative interface design tool. Recuperado de <https://www.figma.com/>.
- Fitts, P. M. (1992). The information capacity of the human motor system in controlling the amplitude of movement. *Journal of Experimental Psychology: General*, 121(3), 262.
- Fitts, P. M., y Posner, M. I. (1967). *Human performance*. Oxford, England: Brooks/Cole.
- Flor, C. (2017). Unity_graphql_client. Recuperado de https://github.com/carlflor/unity_graphql_client.
- Florea, A. (2015). 8 useful social media channels for designers. Recuperado de <https://blog.bannersnack.com/social-media-for-designers/>.
- FOUC (2018). Test con usuarios. Recuperado de <http://design-toolkit.recursos.uoc.edu/es/test-con-usuarios/>.
- FUOC (2017a). Arquitectura de la información. Recuperado de <http://design-toolkit.recursos.uoc.edu/es/arquitectura-de-la-informacion/>.
- FUOC (2017b). Benchmarking. Recuperado de <http://design-toolkit.recursos.uoc.edu/es/guia/benchmarking/>.

- FUOC (2017c). Card sorting. Recuperado de <http://design-toolkit.recursos.uoc.edu/es/card-sorting/>.
- FUOC (2017d). Persona. Recuperado de <http://design-toolkit.recursos.uoc.edu/es/persona/>.
- Georgiadis, A., y Yousefi, S. (2017). Analysis of the user experience in a 3D gesture-based supported mobile VR game. Comunicación presentada en *Proceedings of the 23rd ACM Symposium on Virtual Reality Software and Technology*, 47.
- Gibbons, S. (2016). Design thinking 101. Recuperado de <https://www.nngroup.com/articles/design-thinking/>.
- Gibson, C. B., y Cohen, S. G. (2003). *Virtual teams that work: Creating conditions for virtual team effectiveness*. John Wiley & Sons.
- GitHub (2019). GitHub. Recuperado de <https://github.com/>.
- Google (2017). Controls - interactive patterns - designing for google cardboard. Recuperado de <https://designguidelines.withgoogle.com/cardboard/interactive-patterns/controls.html#>.
- Google (2018a). Daydream. Recuperado de https://vr.google.com/intl/es_es/daydream/.
- Google (2018b). Google Drive. Recuperado de www.google.com/intl/es_ALL/drive/.
- Google (2018c). Google VR design sticker sheet. Recuperado de <https://developers.google.com/vr/design/sticker-sheet>.
- Google (2019a). 360° media. Recuperado de <https://developers.google.com/vr/discover/360-degree-media>.
- Google (2019b). Poly. Recuperado de <https://poly.google.com/>.
- Grant, R. M. (2014). *Dirección estratégica: Conceptos, técnicas y aplicaciones*. Hoboken, NJ: Thomson Reuters.
- Hopkins, D. (1991). The design and implementation of pie menus. *Dr. Dobbs's Journal*, 16(12), 16-26.
- HTC (2019). VIVE. Recuperado de <https://www.vive.com/mx/>.

- Hubert and Fischer. (2016). Rubik. Recuperado de <https://fonts.google.com/specimen/Rubik>.
- IBM Watson APIs (2019). Unity-sdk. Recuperado de <https://github.com/watson-developer-cloud/unity-sdk>.
- IBM (2019). IBM Watson. Recuperado de <https://www.ibm.com/watson>.
- IHS Markit (2015). Eviews [Programa informático]. Irvine, CA.
- Information Architecture Institute (2018). What is information architecture? Recuperado de <https://www.iainstitute.org/what-is-ia>.
- InVision (2018). Design systems handbook. Recuperado de <https://www.designbetter.co/design-systems-handbook/introducing-design-systems>.
- InVision (2019). Digital product design, workflow & collaboration. Recuperado de <https://www.invisionapp.com/>.
- ISO (2010). ISO 9241-210:2010 ergonomics of human-system interaction -- part 210: Human-centred design for interactive systems. Recuperado de <http://www.iso.org/cms/render/live/en/sites/isoorg/contents/data/standard/05/20/52075.html>.
- Jerald, J. (2016). *The VR book: Human-centered design for virtual reality*. Nueva York, EE. UU.: Association for Computing Machinery and Morgan & Claypool.
- Källberg, J. (2016). Design and development of a virtual reality application to introduce gesture-based interaction. Recuperado de <https://pdfs.semanticscholar.org/10ce/2489dc9b9dcfa9505f40d49d270512e44377.pdf>.
- Kim, H. K., Park, J., Choi, Y., y Choe, M. (2018). Virtual reality sickness questionnaire (VRSQ): Motion sickness measurement index in a virtual reality environment. *Applied Ergonomics*, 69, 66-73. Recuperado de doi:10.1016/j.apergo.2017.12.016.
- Kotler, P. (2012). *Dirección de marketing*. México: Pearson Educación.
- Kurtenbach, G., y Buxton, W. (1994). User learning and performance with marking menus. Comunicación presentada en *Conference on Human Factors in Computing Systems*, 258-264. Recuperado de <http://doi.acm.org/10.1145/191666.191759>

- Ley orgánica 3/2018, de 5 de diciembre, de protección de datos personales y garantía de los derechos digitales (BOE núm.294, de 6 de diciembre de 2018). Recuperado de <https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-2018-16673>.
- Llamas, S. (2019). Will the oculus quest be the answer to VR's prayers?. Recuperado de <https://www.superdataresearch.com/oculus-quest/>.
- Magic Leap (2019). Magic Leap. Recuperado de <https://www.magicleap.com/>.
- marthadata (2019). I will build amazing marketing strategy plan. Recuperado de <https://www.fiverr.com/marthadata/do-a-professional-web-and-data-research-on-any-topic>.
- Marvel (2019a). The all-in-one platform powering design. Recuperado de <https://marvelapp.com/>.
- Marvel (2019b). API - access our API documentation and build with marvel. Recuperado de <https://marvelapp.com/developers/>.
- McKenzie, C. (19 mayo, 2017). *Designing screen interfaces for VR (Google I/O '17)*. [Archivo de vídeo]. Google Developers. Recuperado de https://www.youtube.com/watch?v=ES9jArHRFHQ&t=9s&list=PLOU2XLYxm-sIKC8eODk_RNCWv3fBcLvMMY.
- MEE (2019). Consulta y descarga de series. Recuperado de http://serviciosedemineco.gob.es/Indeco/BDSICE/Busquedas/busquedas_new.aspx.
- Miller, G. A. (1956). The magical number seven, plus or minus two: Some limits on our capacity for processing information. *Psychological Review*, 63(2), 81.
- Moment (2018). Moment. Recuperado de <https://www.momentxr.com/>.
- Nielsen, J. (2000). Why you only need to test with 5 users. Recuperado de <https://www.nngroup.com/articles/why-you-only-need-to-test-with-5-users/>.
- Nolet, C. (2018). Quick outline. Recuperado de <https://assetstore.unity.com/packages/tools/particles-effects/quick-outline-115488>.
- Oculus (2018). OVRInput. Recuperado de <https://developer.oculus.com/documentation/unity/latest/concepts/unity-ovrinput/>.

- Oculus (2019a). Oculus Go. Recuperado de <https://www.oculus.com/go/>.
- Oculus (2019b). Oculus Quest. Recuperado de <https://www.oculus.com/quest/>
- Oculus (2019c). Oculus Rift. Recuperado de <https://www.oculus.com/rift/>
- Oculus (2019d). Setup your banking and tax information. Recuperado de <https://developer.oculus.com/distribute/latest/concepts/publish-account-management-bank-tax/>.
- Oculus (2019e). Unity integration. Recuperado de <https://developer.oculus.com/downloads/package/unity-integration/>.
- OEPM (2019). Tasas y precios públicos. Recuperado de https://www.oepm.es/es/propiedad_industrial/tasas/.
- Osterwalder, A., y Pigneur, Y. (2011). *Generación de modelos de negocio*. Barcelona: Deusto.
- Osterwalder, A., Pigneur, Y., Smith, A., y Bernarda, G. (2017). *Diseñando la propuesta de valor: Cómo crear los productos y servicios que tus clientes están esperando*. Barcelona: Barcelona: Deusto.
- PAE (2019a). Elección de la forma jurídica - sociedad limitada de formación sucesiva. Recuperado de <http://www.paelectronico.es/es-ES/CreaEmpresa/Paginas/FormasJuridicas-Descripcion.aspx?cod=SLFS&nombre=Sociedad%20Limitada%20de%20Formaci%C3%B3n%20Sucesiva&idioma=es-ES#d15>.
- PAE (2019b). Guía dinámica de ayudas e incentivos para la creación de empresas. Recuperado de <http://www.paelectronico.es/es-ES/AyudasIncentivos/Paginas/GuiaDinamicaCreacionEmpresas.aspx>.
- PAE (2019c). Servicios que presta un punto de atención al emprendedor. Recuperado de <http://www.paelectronico.es/es-ES/CanalPAE/Paginas/Servicios-que-presta-un-PAE.aspx>.
- Palmer, T. (2018). 2018 design tools survey results. Recuperado de <https://uxtools.co/survey-2018>.

- Panotools (2008). Equirectangular projection. Recuperado de https://wiki.panotools.org/index.php?title=Equirectangular_Projection&oldid=10659.
- Pascualena, J. S. (2017). ¿Cuánto cuesta contratar un trabajador? Recuperado de <https://infoautonomos.eleconomista.es/blog/cuanto-cuesta-contratar-un-trabajador/>.
- PcComponentes (2019). MSI GL63 8RD-407XES intel core i7-8750H/8GB/512GB SSD/GTX1050Ti/15.6". Recuperado de <https://www.pccomponentes.com/msi-gl63-8rd-407xes-intel-core-i7-8750h-8gb-512gb-ssd-gtx1050ti-156>.
- Peña, D. (2005). Análisis de series temporales. Madrid: Alianza Editorial.
- PlayStation (2019). PlayStation®VR. Recuperado de <https://www.playstation.com/es-es/explore/playstation-vr/>.
- Preece, J., Rogers, Y., y Sharp, H. (2011). *Interaction design: Beyond human-computer interaction*. Chichester: John Wiley & Sons Ltd.
- PSOE (2019). Programa electoral PSOE. elecciones generales 2019. Recuperado de <https://www.psoe.es/media-content/2019/04/PSOE-programa-electoral-elecciones-generales-28-de-abril-de-2019.pdf>.
- PymeLegal (2017). ¿Cómo redactar los textos legales de una app? Recuperado de <https://www.pymelegal.es/es/noticias/89/como-redactar-los-textos-legales-de-una-app.html>.
- RAE (2001). *Diccionario de la lengua española*. Madrid: Espasa-Calpe.
- Ravasz, J. (2017). Punchkeyboard. Recuperado de <https://github.com/rjth/Punchkeyboard>.
- Real decreto legislativo 1/2010, de 2 de julio, por el que se aprueba el texto refundido de la ley de sociedades de capital (BOE núm.161, de 3 de julio de 2010). Recuperado de <https://www.boe.es/eli/es/rdlg/2010/07/02/1>.
- Real decreto-ley 13/2010, de 3 de diciembre, de actuaciones en el ámbito fiscal, laboral y liberalizadoras para fomentar la inversión y la creación de empleo (BOE núm.293, de 3 de diciembre de 2010). Recuperado de <https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-2010-18651#a5>.

- Reglamento (UE) 2016/679 del parlamento europeo y del consejo, de 27 de abril de 2016, relativo a la protección de las personas físicas en lo que respecta al tratamiento de datos personales y a la libre circulación de estos datos y por el que se deroga la directiva 95/46/CE (reglamento general de protección de datos) (DOUE núm.119, de 4 de mayo de 2016). Recuperado de <https://www.boe.es/doue/2016/119/L00001-00088.pdf>.
- Ries, E. (3 agosto, 2009). Minimum viable product: A guide. Recuperado de <http://www.startuplessonslearned.com/2009/08/minimum-viable-product-guide.html>.
- Ries, E. (2011). *The lean startup*. Nueva York: Crown Business.
- RMC (2019). Solicitud de denominación social. Recuperado de http://www.rmc.es/Deno_solicitud.aspx.
- Rosenfelder, S. (2018). New data shows uninstalls remain A significant pain for apps. Recuperado de <https://www.appsflyer.com/blog/new-data-shows-uninstalls-remain-significant-pain-apps/>.
- Sainz De Vicuña, J. M. (2017). *El plan de marketing digital en la práctica*. Madrid: ESIC.
- Salomone, N. (17 junio, 2019). *Pruebas de usuario de Bóveda*. [Archivo de video]. Recuperado de <https://youtu.be/YzJRYm4iWwg>.
- Samsung (2018). Samsung gear VR with controller. Recuperado de <http://www.samsung.com/global/galaxy/gear-vr/>.
- Sánchez Calero, F., y Sánchez-Calero Guilarte, J. (2018). *Principios de derecho mercantil*. Navarra: Aranzadi Thomson Reuters.
- Schoen, M. (2018). JSONObject. Recuperado de <https://github.com/nopesal/Pruebas-GearVR/blob/master/Assets/ThirdParty/GraphQL/APIClient.cs>.
- Situ, H. (14 agosto, 2018). Moment - how the next generation of human experiences will be designed. Recuperado de <https://medium.com/moment-blog/how-the-next-generation-of-human-experiences-will-be-designed-92556ce6e53d>.
- Sketch (2019). The digital design toolkit. Recuperado de <https://www.sketch.com/>.

- Sketchbox (2018a). Getting started with Sketchbox. Recuperado de <https://inter-com.help/sketchbox/getting-started-with-sketchbox>.
- Sketchbox (2018b). Sketchbox. Recuperado de <https://www.youtube.com/channel/UCkvNxSF3tB08euV7uhdPANg>.
- Sketchbox (2019a). Jobs at Sketchbox. Recuperado de <https://angel.co/sketchbox/jobs>.
- Sketchbox (2019b). Sketchbox. Recuperado de <https://www.sketchbox3d.com>.
- Sketchbox (2019c). Sketchbox en Steam. Recuperado de <https://store.steampowered.com/app/568640/Sketchbox/>.
- Sketchbox (6 enero, 2019d). *Sketchbox tips - starting an empty meeting (only available to beta users)*. [Archivo de vídeo]. Recuperado de <https://www.youtube.com/watch?v=PzkyhwFADbc>.
- Statista (2019). Forecast for the number of active virtual reality users worldwide from 2014 to 2018 (in millions). Recuperado de <https://www.statista.com/statistics/426469/active-virtual-reality-users-worldwide/>.
- Statt, N. (2016). Facebook now lets you 'like' 360-degree videos in virtual reality. Recuperado de <https://www.theverge.com/2016/6/22/12008960/facebook-oculus-samsung-gear-vr-360-degree-video-emoji>.
- SuperData (2018). 2017 year in review: Digital games and interactive media. Recuperado de <http://strivesponsorship.com/wp-content/uploads/2018/02/SuperData-2017-year-in-review-digital-games-and-interactive-media.pdf>.
- SuperData (2019a). 2018 year in review: Digital games and interactive media. Recuperado de https://adindex.ru/files2/access/2019_01/230617_SuperData%202018%20Year%20in%20Review.pdf.
- SuperData (2019b). Oculus expected to sell 1.3M quest units in 2019; XR revenue reached \$6.6B in 2018 and is projected to increase 442% by 2022. Recuperado de <https://www.superdataresearch.com/xrupdate/>.
- SuperData (2019c). XR will save enterprise \$13.5 billion in training costs. Recuperado de <https://www.superdataresearch.com/xr-training/>.

- Tank, A. (2018). Bootstrapping guide: How to start a business with no money. Recuperado de <https://www.jotform.com/bootstrapping/>.
- Tew, S. (2016). El Microsoft Surface dial redefine un accesorio creativo. Recuperado de <https://www.cnet.com/es/imagenes/microsoft-surface-dial-fotos/>.
- Tvori (2019a). Tutorials. Recuperado de <http://tvori.co/tutorials>.
- Tvori (2019b). Tvori. Recuperado de <http://tvori.co>.
- Unity (2018). Materiales, shaders y texturas. Recuperado de <https://docs.unity3d.com/es/current/Manual/Shaders.html>.
- Unity (2019a). Light probes. Recuperado de <https://docs.unity3d.com/es/current/Manual/LightProbes.html>.
- Unity (2019b). TextMesh Pro. Recuperado de <https://assetstore.unity.com/packages/essentials/beta-projects/textmesh-pro-84126>.
- Unity (2019c). Unity. Recuperado de <https://unity.com/es/frontpage>.
- Vanderkolk, B. (19 octubre, 2018). Does InVision have an API for integration? Recuperado de <http://support.invisionapp.com/hc/en-us/articles/203730795-Does-InVision-have-an-API-for-integration->.
- Villasmil, L. (2018). Mirror edge. Recuperado de <https://unsplash.com/photos/hh3ViD0r0Rc>.
- VRTK (2017). Radial menu. Recuperado de <https://vrtoolkit.readme.io/docs/radial-menu>.
- VRTK (2019). Welcome to VRTK. Recuperado de <https://vrtoolkit.readme.io/docs/summary>.
- WIPO (2019). PatentScope - colecciones nacionales e internacionales de patentes. Recuperado de <https://patentscope.wipo.int/search/es/search.js>.
- wsdt97 (2019). I will help you with your programming project. Recuperado de <https://www.fiverr.com/wsdt97/contribute-to-almost-any-github-repositories-you-want>.

XR Association (2017). Europe on track to become global VR leader. Recuperado de <https://xra.org/2017/11/09/europe-on-track-to-become-global-vr-leader/>.

